

A Meta-Analysis of Hidden Proportional Patterns in Dome Interiors (An Inquiry into the Pentagonal System, Spatial Cubes, and Horizontal Inscriptions)

Seyed Majid Hashemi Toghroljerdi *

Majid Kafaee Ghayeni **

Sahar Asadpoor ***

شهریاران دانش

Vol 59, Spring 2025

Identification of methods for creating spatial proportions in dome chambers is one of the fundamental issues in Iranian architectural studies. The purpose of this research was to discover the hidden proportional patterns in the interior space of square-planned religious dome chambers and to analyze the role of visual elements in establishing spatial balance. The study was qualitative-exploratory and based on geometric analysis, field observations, and semi-structured interviews with traditional architects. The findings indicated that the height of the inner dome in many cases corresponds to the height of a pentagon proportional to the plan dimensions, and that horizontal elements such as inscriptions corresponding with the boundaries of the spatial cube play a key role in creating spatial balance. These results, while revealing the hidden geometric system, also demonstrate applicability in contemporary architectural design.

Keywords: hidden pattern; dome chamber proportion; horizontal inscription; spatial cube; pentagonal system

Introduction

In Islamic-Iranian architecture, dome chambers, as the central core of religious spaces, play a fundamental role in creating visual and spatial balance. Previous studies indicate that achieving harmonious proportions in these spaces requires the utilization of geometric principles and hidden patterns (Ardalan, 2001; Pirnia, 2006; Navai & Haji-Ghasemi, 2011). Furthermore, examining historical case Studies demonstrates that specific elements such as the interior height of the dome (*āhiyāneh*), the exterior dome, the spatial cube, and the placement of inscriptions have a determining role in creating a sense of spatial balance and harmony between the plan form and the dome form (Soltanzadeh & Montazer, 2018; Rahimnia et al., 2022). Nevertheless, existing research has rarely analyzed the pentagon, spatial cube, and placement of horizontal elements simultaneously, and there is insufficient evidence to explain the geometric system in shaping the interior space of dome chambers.

* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Architecture, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
Sm.hashemi50@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2268-6982

** Visiting Professor, Department of Architectural Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
Majid_kafaee@yahoo.com

ORCID: 0009-0003-4975-0777

*** M.A Student, Department of Architecture, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
Sahar.asadpoor@gmail.com

ORCID: 0009-0008-3560-4070

Problem statement

Considering the importance of geometric and visual proportions in designing dome chambers, the present study addresses the following question: “which geometric systems are the dome chambers which were designed to create a sense of spatial balance based on? and which spatial and visual elements have architects made use of to achieve these proportions?” In this study, the research variables include the interior height of the dome (āhiyāneh), the spatial cube, placement of inscriptions, and pentagonal proportions. The target population of the research consists of traditional architects and architecture students experienced in spatial analysis, and the study context includes historical dome chambers in Iran following the Razi, Azari, and Isfahani styles.

Type and necessity of the Study

This research is of a qualitative-exploratory type and analyzes hidden patterns in the spatial proportions of dome chambers through data collected from written sources, field observations, and semi-structured interviews with traditional architects. The necessity of this research lies in the fact that a precise understanding of geometric systems and spatial element placement can contribute to the revival of authentic principles of Islamic-Iranian architecture and provide a framework for contemporary design.

Research Hypotheses

The interior height of the dome (āhiyāneh) is adjusted according to the height of a pentagon corresponding to the plan dimensions to achieve spatial balance.

Rationale: Case studies indicate that many dome chambers set their interior height in relation to pentagonal ratios of the plan, and this geometric system creates a sense of balance and spatial harmony (Ardalan, 2001; Navai & Haji-Ghasemi, 2011).

Horizontal elements within the dome chamber, especially inscriptions, play a primary role in creating spatial balance when placed in specific geometric positions.

Rationale: Inscriptions and other horizontal elements, in addition to their decorative function, act as tools to organize the spatial cube and create visual equilibrium throughout the dome’s height (Rahimnia et al., 2022; Hayati & Nafchi, 2024).

Considering the importance of this field, the present study aims to identify and analyze hidden proportional patterns in dome chambers, so that in addition to advancing historical-architectural knowledge, the application of these principles in contemporary design is also facilitated.

Research Methodology

This research is of a qualitative-exploratory type, and the data were collected through a combination of field observations, measurement of plan dimensions and dome height, study of written sources, and semi-structured interviews with traditional architects and university instructors. The research Cases included 39 historical dome chambers in Razi, Azari, and Isfahani styles, selected based on historical significance, researcher access, and the extent in which the building represented the style (the better-known status of the building). Geometric ratios, including the pentagonal proportion and spatial cube, were calculated and analyzed. The data were examined through comparison of field observations, drawings from analytical sources, and interviews, using meta-analysis and case study methods, in order to identify hidden patterns and elements influencing spatial balance in the dome chambers.

Findings

Figure 1: Different types of spatial proportions in Architecture styles (Source: The authors)

Type of proportion	Razi style	Azari style	Isfahani style	Total	Percentage
Pentagonal	3	2	2	7	18%
Spatial cube	8	4	4	16	41%
Combined	3	3	6	12	31%

Discussion and Conclusion:

The present study was conducted to discover and analyze the geometric systems and proportions of dome chambers in Iranian Islamic architecture. The findings indicate that traditional architects apply a coherent geometric system to achieve spatial balance. The spatial cube was applied most frequently, accounting for 41% of the cases, and by aligning the plan dimensions and positioning horizontal inscriptions, a balanced space was created. The combination of the pentagon and the spatial cube was observed in 31% of the samples, indicating the simultaneous use of multiple geometric systems to enhance visual harmony. The simple pentagon was used less frequently, with an 18% share, yet it demonstrates the role of Platonic geometry in determining the internal height of the dome chamber.

The analysis of four scenarios regarding the ratio of internal plan dimensions to dome height showed that matching the dome height with the height of the pentagon or using the spatial cube plays a significant role in creating a sense of balance and spatial harmony. Moreover, horizontal elements such as inscriptions and the cube edges play a key role in organizing the space and establishing visual proportion.

The results indicate that this geometric system originated in the 4th century AH, and patterns such as the spatial cube combined with horizontal inscriptions became a replicable model that can also be applied in contemporary design. Considering the limitations of the sample and access to execution documents, it is recommended that future studies expand the sample range and integrate geometric analysis with structural and symbolic aspects to better understand the spatial system of dome chambers.

References

- Afshin Mehr Vahid, G., Ghafari, A., & Zamani, R. (2021) Assessment of acoustic quality in the dome chamber of Nizam al-Mulk, Jameh Mosque of Isfahan. *Islamic Architecture Studies*, 9(2), 123-140.
<https://doi.org/10.52547/jria.9.2.123>
- Ardalan, N. (2001) *The art of architecture in Iran*. Tehran: Soroush.
- Albuzjani, M. B. M. (1990) *Iranian geometry* (A. Jazbi, Trans.). Tehran: Soroush.
- Parto, Sh., Norouzbarazjani, V., & Mirshahzadeh, Sh. (2022) Investigating factors affecting the perception of spirituality in mosque spaces: A case study of six contemporary mosques in Tehran. *Iranian Islamic City Studies*, 12(48), 29-40.
<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1056969>
- Pirnia, M. K., & Bozorgmehri, Z. (2006) *Geometry in architecture*. Tehran: Sobhan Noor.
- Halimi, M. H. (2011) *Aesthetics of calligraphy in the Jameh Mosque of Isfahan*. Tehran: Ghadir

Publications.

Rahimnia, R., Halakoui, N., & Moazen, S. (2022) Re-examining minaret function based on Quranic inscriptions: Case study of Razi-style minarets in Iran. *Iranian Islamic City Studies*, 12(47), 19-33.

<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1041157>

Reza Zadeh, M., & Sabet Fard, M. (2013) Recognizing the use of geometric principles in traditional architecture: Case study of Khorasht-e Khorshid Palace and its hidden geometry. *Journal of Fine Arts: Architecture and Urbanism*, 18(1), 29-44.

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2013.36355>

Montazer, B., & Soltanzadeh, H. (2018) Reflecting the role of the regular pentagon in geometric patterns of Iranian Islamic architecture. *Islamic Art Studies*, 14(30), 15-40.

<https://sid.ir/paper/136760/fa>

Navaei, K., & Haji Ghasemi, K. (2011) Brick and imagination. Tehran: Soroush.

Alami, B., & Kamali Zarchi, S. (2020) The structural system of the ancient dome chamber of Kashan (Friday Mosque Dome). *Journal of Fine Arts: Architecture and Urbanism*, 25(3), 73-86.

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2021.312670.672544>

Vahdat Talab, M., Hashemi, T., & Ghadimzadeh, S. (2019) The concept and different contexts of expressing refinement in architecture: Case study of Soltaniyeh Dome and Sheikh Lotfollah Mosque. *Bagh-e Nazar*, 16(81), 39-52.

<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1041157>

English Sources:

Kharazmi, M., & Sarhangi, R. (2016) An analytical study of the methods of design and geometric constructions in architectural ornaments of the Friday Mosque of Forumad. *Nexus Network Journal*, 18, 275-310.

<https://doi.org/10.1007/s00004-015-0278-0>

Sarhangi, R. (1999) The sky within: Mathematical aesthetics of Persian dome interiors. *Nexus Network Journal*, 1, 87-98.

<https://doi.org/10.1007/s00004-015-0278-0>

Korsavi, S., & Aliabadi, M. (2015) Geometry and proportion of conical dome plans in Iran: Reviewing case studies. *Journal of Architectural Engineering Technology*, 4, 137.

<https://doi.org/10.4172/2168-9717.1000137>

فرا تحلیلی بر الگوهای پنهان تناسب بخش به فضای گنبدخانه‌ها (با جستاری بر نظام پنج ضلعی، مکعب فضایی و کتیبه‌های افقی)

سید مجید هاشمی طغرالجردی^{*}، مجید کفایی قاینی^{**}، سحر اسدپور^{***}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی - ۲۹-۴۵

چکیده

بازشناسی شیوه‌های ایجاد تناسبات خوش‌آیند در گنبدخانه‌ها، از موضوعات مهم پژوهش‌های معماری ایرانی به شمار می‌رود. مطالعات نشان می‌دهد که تناسبات پنج‌ضلعی، نقشی تعیین‌کننده در شکل‌گیری ارتفاع گنبدخانه داخلی (آسمانه) و گنبد بیرونی (خود) داشته‌اند. تحلیل‌ها بیانگر آن است که بسیاری از شیوه‌های پنهان سامان‌دهی فضاهای ایرانی با بهره‌گیری از دایره به عنوان مبنا، تناسبات شکلی یا فضایی را تعریف کرده‌اند. هدف این مقاله، کشف الگوهای پنهان تناسب بخش در فضای داخلی گنبدخانه فضاهای مذهبی با پلان مربعی و تبیین عناصر بصری و فضایی مؤثر در ایجاد حس تعادل فضایی است. روش گردآوری داده‌ها از منابع مکتوب، مشاهده‌های میدانی و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با معماران سنتی است که با رویکرد تطبیقی و بهره‌گیری از تجربه پژوهشگر، تحلیل شده است. بررسی پلان و مقطع گنبدخانه‌هایی در شیوه‌های رازی، آذری و اصفهانی بیانگر آن است که در برخی موارد ارتفاع (آسمانه) با ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد پلان، تطابق دارد. همچنین شکل‌گیری مکعب فضایی متناظر با پلان و جای‌گذاری کتیبه‌های افقی در تراز بالای یال‌های مکعب و نقطه آغاز خیز گنبد، به ایجاد تعادل فضایی انجامیده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این رویکرد با بهره‌گیری از هندسه عملی اندیشمندانی چون ابوالوفا بوزجانی از قرن چهارم هجری آغاز شده و نخستین نمونه‌های آن در مقبره دوازده امام یزد مشاهده می‌شود. تطبیق نمونه‌ها نشان می‌دهد که کاربرد عناصری مانند کتیبه افقی برای تعریف مکعب فضایی، به الگویی تکرارپذیر بدل شده است که در معماری معاصر نیز قابلیت بهره‌برداری دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوی پنهان، تناسب گنبدخانه، کتیبه و عناصر خاص، مکعب فضایی و نظام پنج‌ضلعی.

Sm.hashemi50@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2268-6982

Majid_kafaei@yahoo.com

ORCID: 0009-0003-4975-0777

Sahar.asadpoor@gmail.com

ORCID: 0009-0008-3560-4070

* نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

** استاد مدعو گروه مهندسی معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

*** دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران



مقدمه

در ابنیه مذهبی، دانشجویان معماری که اقدام به طراحی فضای مرکزی گنبدخانه‌ای می‌نمایند، با این پرسش مواجه می‌شوند که چگونه می‌توان تناسب مطلوب و هماهنگ با ابعاد پلان (کارشیو) برقرار کرد و از چه عناصر فضایی و بصری می‌توان در طراحی فضاهای بزرگ، مانند مصلاهی حرم حضرت عبدالعظیم^(ع) بهره گرفت تا حس تعادل و تناسب خوش‌آیند ایجاد شود.

این مقاله با هدف بررسی اصول هندسی در معماری اسلامی و تحلیل نظم و تناسب کیهانی، که به گفته اردلان (۱۳۸۰) از طریق حساب و هندسه قابل درک است، نگارش شده است. در معماری اسلامی، اشکال دایره و مربع که با ابزار پرگار و گونیا ترسیم می‌شوند، نقش اساسی در ایجاد نقوش هندسی و القای تناسب فضایی دارند. گنون (۱۳۶۵)، این نقش را نمادی از ارتباطات پنهان و آشکار میان فرم‌ها و معانی باطنی آنها در فرهنگ اسلامی می‌داند و ارتباط آن با طراحی فضایی و تناسب داخلی، مورد توجه پژوهش حاضر است.

پژوهش‌های مختلفی از جمله آثار نوایی و حاجی قاسمی، اردلان، اریک شرودر و دیگر محققان، به بررسی نظام‌های هندسی در معماری اسلامی پرداخته‌اند، اما هنوز نیاز به تحقیقات جامع‌تر و تحلیلی‌تر برای درک کامل تأثیر این نظام‌ها بر طراحی فضایی و تناسب داخلی احساس می‌شود (ر.ک: نوایی و حاج قاسمی، ۱۳۹۰). برای مثال، استفاده از الگوهای هندسی در تزیینات بناهای اسلامی با عنوان «گره‌ها»، بدون آگاهی از علم هندسه و ریاضیات ممکن نیست. عدد پنج به عنوان نمادی مقدس، نقش اساسی در ساختار و تناسب فضا دارد (منتظر و سلطان‌زاده، ۱۳۹۷: ۱۵).

محققان نشان داده‌اند که جهت «قبله» در کاربری خاصی همچون مساجد، نقش مهمی

در شکل‌گیری محور افقی و جهت‌گیری معنوی ایفا می‌کند (حیاتی و مرادی‌نافچی، ۱۴۰۳: ۱۸) و کتیبه‌ها در عناصر عمودی همچون مناره‌ها، علاوه بر تنظیم تناسبات، کارکرد رسانه‌ای و هدایت‌گرانه نیز دارند و با تناسب داخلی، ارتباط مستقیم دارند. مناره‌ها، علاوه بر تنظیم تناسبات، کارکرد رسانه‌ای و هدایت‌گرانه نیز دارند و با تناسب داخلی، ارتباط مستقیم دارند (رحیم‌نیا و دیگران، ۱۴۰۱: ۲۹).

این مقاله در راستای پاسخ به این پرسش نگاشته شده است که گنبدخانه‌هایی که با هدف انتقال حس تعادل فضایی طراحی شده‌اند، بر چه تناسباتی استوار بوده و معمار برای تحقق آن از چه عناصر فضایی و بصری بهره گرفته است. به عبارت دیگر، محور عمودی میان زمین و آسمان در فضای مرکزی مانند گنبدخانه‌ها، چگونه سازمان یافته و چه عناصری به فضای داخلی آنها، تناسب فضایی و بصری خوش‌آیند می‌بخشند. همچنین مکان و ترازبندی دقیق این عناصر بررسی می‌شود. در این تحقیق، دو فرضیه به طور روشن و مجزا تعریف شده است:

۱. ارتفاع گنبد داخلی و آهیانه، برای دستیابی به تعادل فضایی، با «ارتفاع پنج‌ضلعی» متناظر با ابعاد پلان تنظیم شده است.
۲. عناصر افقی درون فضای گنبدخانه، با قرارگیری در موقعیت خاص، نقش اصلی در ایجاد تعادل فضایی در این فضا دارند. در این مقاله به مطالعهٔ مصادیق مختلفی از بناهای تاریخی پرداخته شده است. پلان‌های این بناها اغلب مربعی‌شکل‌اند و تحلیل هندسه پنهان آنها با تمرکز بر ارتباط با تناسب پنج‌ضلعی و تأثیر بر طراحی داخلی انجام شده است. هرچند برخی پژوهشگران به نقش پنج‌ضلعی در تعیین ارتفاع فضای داخلی (آسمانه گنبد) و فضای خارجی (خود

گنبد) اشاره کرده‌اند (ر.ک: اردلان، ۱۳۸۰؛ نوایی و حاج قاسمی، ۱۳۹۰)، نویسندگان و دانشجویان معماری مرتبط با این پژوهش، برای تدقیق موضوع و شناخت سایر عناصر و نیروهای فضایی داخلی، با حضور در بناهای تاریخی متعلق به شیوه‌های رازی، آذری و اصفهانی و گفت‌وگو با استادکاران سنتی، به بررسی دقیق‌تری درباره چگونگی طراحی، ساخت و سازمان‌دهی گنبدهای خوش‌آیند و تناسبات داخلی آنها پرداخته‌اند.

در مطالعات موردی، هویت موضوع کاوش تحت تأثیر عواملی مانند میزان دسترسی و درک قبلی افراد قرار گرفته است، که این عوامل با توانایی فرد و تحلیل طراحی مرتبطند (ر.ک: مقیمی، ۱۳۸۶). نویسندگان این مقاله نیز با بهره‌گیری از تجربه‌های فضایی و طراحی خود و از طریق مقایسه و استدلال در تناسبات داخلی مبتنی بر ارتفاع پنج‌ضلعی، به یافته‌های تحلیلی جدیدی دست یافته‌اند و برای سنجش پایداری و روایی این نتایج، از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با طراحان ابنیه سنتی، اقدام به صحت‌سنجی یافته‌ها کرده‌اند.

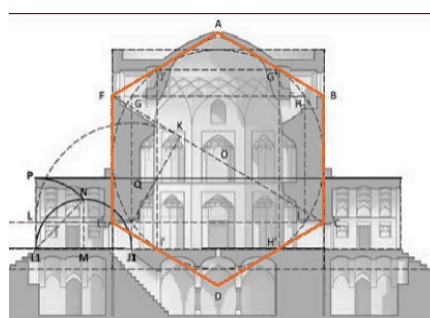
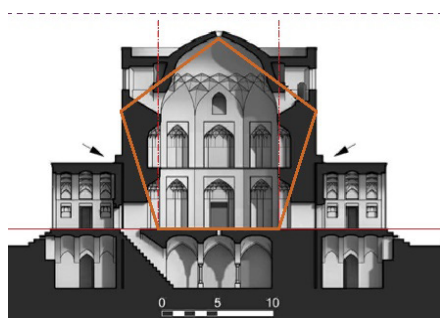
پیشینه موضوع و مبانی نظری

پژوهش‌ها در زمینه ساختار فضایی گنبدخانه‌ها در معماری اسلامی ایران، بیانگر آن است که شکل‌گیری این فضاها همواره بر پایه اصول دقیق هندسی و نظام‌های تناسبی پنهان صورت گرفته است. به‌ویژه در نمونه‌های شاخصی چون مسجد شیخ لطف‌الله، تحلیل‌ها نشان می‌دهد که معمار با تسلط کامل بر هندسه، نه تنها کلیت بنا، بلکه نسبت‌های درونی گنبدخانه را با دقت طراحی کرده است؛ به گونه‌ای که عناصر اصلی، همچون محل ورودی، تناسبات میدان و هندسه درونی، همگی در مسیر منتهی به گنبد، نوعی نظم طلایی و ساختار ریاضی‌وار را آشکار می‌سازند

(مشهدی و نامداری، ۱۴۰۲: ۵۷-۵۸). این شواهد، نشان‌دهنده کاربست هم‌زمان نظام‌های هندسی متنوع مانند پنج‌ضلعی و مکعب فضایی است که در تنظیم جایگاه کتیبه‌های افقی و ایجاد تعادل فضایی، نقش‌آفرینی کرده‌اند.

نقش هندسه در شکل‌گیری فضاها، مقدس، فراتر از فرم صرف، به مثابه عنصری بنیادین در تجربه ادراکی و زیباشناختی این فضاها عمل می‌کند. پرتو و همکاران (۱۴۰۱) تأکید می‌کنند که معماری فضاها، مقدس، از منظر فرم، مقیاس، مصالح و تناسبات، تابع بسترهای فرهنگی و اعتقادی متفاوتی است. در همین راستا افشین مهر و همکاران (۱۴۰۰)، نقش هندسه را در حفظ و تداوم هویت معماری مساجد ایرانی در دوران معاصر، بسیار تعیین‌کننده می‌دانند. بر پایه یافته‌های وحدت‌طلب و همکاران (۱۳۹۸)، کیفیت ادراکی خوشایند فضاها، داخلی مساجد، ریشه در ساختار هندسی، نحوه آرایش فضایی و الگوی چیدمان عناصر دارد. برخی ریشه‌های نظری تناسب طلایی در هندسه فیثاغورثی و اشکال افلاطونی قابل ردیابی است که بعدها در معماری اسلامی - ایرانی بازتاب یافت (ر.ک: اردلان، ۱۳۸۰). در زمینه بنیان‌های تزیینی و ساختاری معماری اسلامی، خوارزمی و سرهنگی (۲۰۱۶)، نقش مفاهیم ریاضی و هندسی را در طراحی نقوش گره و تزیینات مساجد شیوه رازی بررسی کرده‌اند. همچنین وحدت‌طلب و احمدنژاد (۱۳۹۷) با تمرکز بر درک دانشجویان از گنبدخانه‌ها دریافتند که گنبدهایی با انحنای پای داخلی (آوگون) از منظر زیبایی‌شناسی، متعادل‌تر و مطلوب‌تر ادراک می‌شوند.

گنبدهای مخروطی - چندوجهی نیز به عنوان یکی از ویژگی‌های بارز معماری آرامگاهی و زیارتگاهی در ایران، موضوع مطالعات گوناگون قرار گرفته‌اند. کورساوی و علی‌آبادی



کاخ خورشید؛ راست: تناسبات شش ضلعی در نما (رضازاده و ثابت فرد، ۱۳۹۲: ۲۹) و چپ: تطبیق پنج ضلعی در تعیین تناسبات داخلی و ارتفاع گنبدخانه (نویسندگان)

شکل ۱- تنظیم هندسه نمای قصر خورشید مبتنی بر پنج ضلعی و شش ضلعی

و قاسم زاده (۱۳۸۱) و حلیمی (۱۳۹۰) نشان می‌دهد که بهره‌گیری از نسبت طلایی، الگوهای دایره‌محور و ساختارهای تناسبی در معماری سنتی، نه تنها به خلق فضاهایی متعادل و زیبایی‌شناسانه، بلکه به انتقال مفاهیم معنوی و هستی‌شناسانه نیز کمک کرده است. این مبانی نظری، پشتوانه‌ای برای پژوهش حاضر فراهم ساخته که با تمرکز بر گنبدخانه‌ها، در پی شناسایی الگوهای پنهان تناسب بخش فضای داخلی آنها و ارائه چارچوبی برای طراحی معاصر است.

روش پژوهش

این مقاله با روش داده‌محوری و تحلیل کیفی - اکتشافی به بررسی وجود تناسبات خاص در ابعاد و ارتفاع گنبدخانه‌ها پرداخته است. هدف پژوهش، استخراج الگوهای هندسی و تحلیل تناسبات داخلی گنبدخانه‌ها برای درک نحوه ایجاد تعادل فضایی است. پژوهش بر اساس مطالعات موردی و بررسی میدانی نمونه‌های تاریخی طراحی شد و داده‌ها از طریق مشاهده میدانی، اندازه‌گیری ابعاد پلان، ارتفاع و نسبت‌های هندسی، مطالعه منابع مکتوب و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با معماران و استادکاران سنتی و دانشگاهی جمع‌آوری شد. برای استخراج داده‌های ابعادی گنبدخانه‌ها، پژوهشگر از تصاویر برش و پلان موجود در

(۲۰۱۵) در بررسی نسبت‌های ابعادی این گنبدها، نسبت قطر خارجی به قطر داخلی را منطبق با مقادیر ریشه دوم یا سوم اعداد دانسته‌اند. سرهنگی (۱۹۹۹) در تحلیل تزئینات آسمانه و مقرنس‌ها، مرکز گنبد را به عنوان نقطه‌ای پایدار معرفی می‌کند که کلیه اجزا به سوی آن جهت گرفته و آن را نمودی از آگاهی طراحان سنتی نسبت به هندسه سه‌بعدی اقلیدسی می‌داند.

در همین راستا کورساوی و علی‌آبادی (۲۰۱۵)، هندسه را بنیان اصلی در هنر و معماری سنتی می‌دانند؛ عاملی که به اشیاء هویت می‌بخشد. این دیدگاه با نظر اردلان (۱۳۸۰) هم‌خوان است، آنجا که بیان می‌کند انسان سنتی، طبیعت و جهان را تجلی نظم ریاضی و هندسی می‌پندارد. در تحلیل‌های نمونه‌محور نیز رضازاده و ثابت فرد (۱۳۹۲) نشان داده‌اند که هندسه کلی نمای قصر خورشید کلات نادری بر مبنای شش ضلعی منتظم طراحی شده است. هرچند تمرکز پژوهش آنها بر نمای بیرونی بوده، با این حال با مقایسه تناسبات ارتفاعی در تصویر شماره (۱) این مقاله، به حضور تناسبات پنج ضلعی در طراحی پلان نیز می‌توان اشاره نمود. این هماهنگی، پیوند میان کالبد بیرونی و ساختار درونی بنا را آشکار می‌سازد.

در مجموع نتایج پژوهش‌هایی چون مولوی

و «اگر تناسبات کشیده و مکعب مستطیل در فضا وجود داشته باشد، چگونه تعدیل صورت گرفته؟»، بررسی تطبیقی به فهم موضوع کمک نموده است.

جامعه آماری و نمونه‌های پژوهش

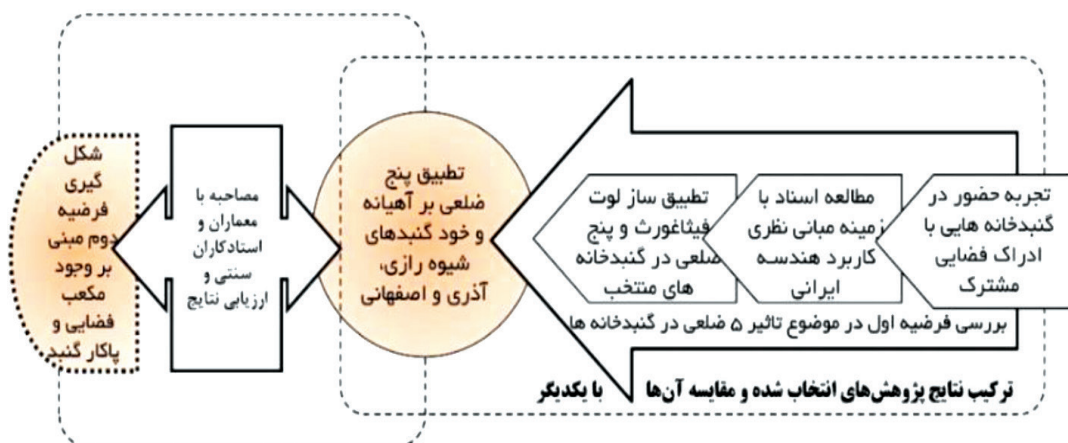
اولین نمونه‌های مورد بررسی شامل گنبدخانه‌های مسجد ملک کرمان، مسجد کبود تبریز، مسجد شاه‌ولی تفت و مقبره شاه‌ملک مشهد بوده است. روش انتخاب نمونه‌ها بر اساس اهمیت تاریخی، دسترسی پژوهشگر و میزان نمود ویژگی‌های هر سبک معماری در آنها تعیین شد. تمامی مساجدی که در کتاب‌های گنجنامه و آثار غلامحسین معاریان ثبت شده بودند، چندین بار بررسی شد و نمونه‌هایی که دارای تناسب پنج‌ضلعی، مکعب فضایی یا هر دو بودند و از شناخته‌شده‌ترین بناها محسوب می‌شدند، انتخاب شد.

پس از بررسی تعداد زیادی مسجد در سه سبک رازی، آذری و اصفهانی، در نهایت چهارده نمونه شاخص از سبک رازی، یازده نمونه از سبک آذری و چهارده نمونه از سبک اصفهانی که بیشترین تطابق را داشتند، انتخاب شد.

منابع مکتوب، مانند کتاب‌های «گنجنامه» و آثار معماریان استفاده کرده است. با توجه به مقیاس خطی موجود زیر تصاویر، ارتفاع، عرض و ابعاد هندسی با خط‌کش و نسبت‌دهی به مقیاس واقعی، اندازه‌گیری و چند بار بازبینی شد. سپس نسبت‌های هندسی، مانند نسبت ضلع پایینی پنج‌ضلعی به ارتفاع آن محاسبه گردیده، با میزان ثابت مقایسه شد تا وجود یا نبود پنج‌ضلعی مشخص شود. علاوه بر این، پنج‌ضلعی و مکعب فضایی با طول ضلعی برابر با عرض گنبدخانه روی مقطع نمونه‌ها قرار داده شد تا موقعیت آنها در فضا و تأثیرشان بر تعادل فضایی گنبدخانه بررسی شود.

پس از آن در فضاهایی که امکان بازدید میدانی وجود داشت، حضور محقق و برای نمونه‌هایی که امکان حضور میدانی نبود، از روی تصاویر داخل گنبدخانه و تطبیق آنها با مقطع و پلان‌ها، اطمینان حاصل شد که تناسبات پنج‌ضلعی و مکعب فضایی با برخی از گنبدخانه، مطابقت دارند. برای پاسخگویی به برخی از ابهامات از جمله: «آیا تراز و مکان خاصی برای قرارگیری کتیبه‌ها در هماهنگی با ابعاد پلان وجود دارد که موجب احساس تعادل فضایی می‌گردد؟»

مراحل پژوهش و تحلیل داده‌ها



شکل ۲- مراحل روش تحقیق و مسیر پژوهش (نویسندگان)

مراحل پژوهش در پنج گام انجام شد:

۱. **جمع‌آوری داده‌های میدانی:** شامل ارتفاع گنبد، ابعاد پلان و نسبت‌های هندسی از نمونه‌های مورد بررسی، با مشاهده مستقیم و اندازه‌گیری دقیق. از این داده‌ها برای تحلیل اولیه و سازمان‌دهی اطلاعات استفاده شد.
۲. **مطالعات اسنادی:** بر منابع مرتبط با هندسه و ترسیم قوس‌ها انجام شد؛ از جمله کتاب‌های «هندسه ایرانی» بوزجانی، «مفتاح الحساب» کاشانی، «طاق و ازج» جذبی، «هندسه و تزئین در معماری اسلامی» نجیب‌اوغلو (۱۳۷۹) و «هندسه در معماری» پیرنیا و بزرگ‌مهری (۱۳۸۵). در این مرحله، نسبت‌ها، قوانین هندسی و الگوهای ترسیمی استخراج شده، با داده‌های میدانی مقایسه گردید.
۳. **تحلیل دقیق‌تر تناسبات داخلی:** با مراجعه به ترسیم‌های منابع تحلیلی، مانند حس وحدت و خشت و خیال، بازترسیم انجام شد. در این مرحله، فرضیه نخست مبنی بر اینکه ارتفاع گنبد داخلی و آهیانه برای دستیابی به تعادل فضایی، با ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد پلان تنظیم شده است، با مقایسه داده‌های میدانی و منابع تحلیلی مورد آزمون قرار گرفت.
۴. **بررسی نمونه‌های کتیبه‌دار سبک‌های رازی تا اصفهانی:** از جمله گنبد مقبره دوازده امام یزد، با تحلیل ترسیمی و بررسی دقیق تناسبات پنج‌ضلعی انجام شد. نسبت‌های

- هندسی این نمونه‌ها با دیگر نمونه‌ها مقایسه شد تا الگوهای مشترک شناسایی شوند.
 ۵. **بررسی فرضیه دوم:** که «عناصر افقی داخل فضای گنبدخانه، با قرارگیری در موقعیت خاص، نقش کلیدی در تعادل فضایی دارند»، از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با معماران و استادکاران سنتی و دانشگاهی انجام شد. اطلاعات دقیق درباره الگوهای پوشش سقف و نحوه قرارگیری عناصر افقی جمع‌آوری شد.
- در بررسی نهایی با مقایسه میان داده‌های میدانی، تحلیل منابع و مصاحبه‌ها و با استفاده از روش نمونه‌کاوی و فراتحلیل، تلاش شد تا الگوی مشترک و قابل تعمیم در تناسبات گنبدخانه‌ها شناسایی شود.
- از میان هفت نمونه منتخب دارای تناسب پنج‌ضلعی، سه نمونه متعلق به شیوه رازی، دو نمونه آذری و دو نمونه اصفهانی بودند. از بین شانزده نمونه منتخب که دارای تناسب مکعب فضایی بودند، شش نمونه متعلق به شیوه رازی، چهار نمونه آذری و چهار نمونه اصفهانی بودند. همچنین از میان دوازده نمونه منتخب که دارای تناسب پنج‌ضلعی و مکعب فضایی به صورت همزمان بودند، سه نمونه متعلق به شیوه رازی، سه نمونه آذری و شش نمونه اصفهانی بودند. اعتبارسنجی و پایایی داده‌ها از طریق روش مثلث‌سازی داده‌ها، بررسی و تطبیق منابع متعدد و همچنین بازخوانی و ارزیابی مجدد ترسیم‌های تاریخی تضمین شد.

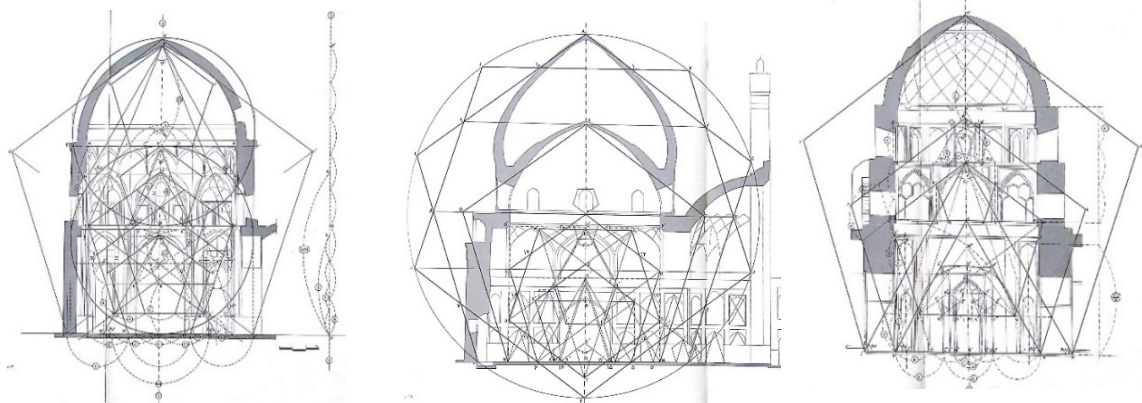
جدول ۱- توزیع تناسب هندسی در گنبدخانه‌ها بر اساس شیوه‌های معماری

درصد هر شیوه نسبت به کل	جمع کل	شیوه اصفهانی	شیوه آذری	شیوه رازی	نوع تناسب هندسی
رازی: ۴۲/۸٪ - آذری: ۲۸/۶٪ - اصفهانی: ۲۸/۶٪	۷	۲	۲	۳	پنج ضلعی
رازی: ۵۰٪ - آذری: ۲۵٪ - اصفهانی: ۲۵٪	۱۶	۴	۴	۸	مکعب فضایی
رازی: ۲۵٪ - آذری: ۲۵٪ - اصفهانی: ۵۰٪	۱۲	۶	۳	۳	پنج ضلعی + مکعب فضایی

(یافته‌های نویسندگان)

این جدول نشان می‌دهد که در تناسب پنج ضلعی، شیوه رازی، بیشترین سهم را با ۴۲/۸٪ داشته و در مکعب فضایی هم غلبه شیوه رازی با ۵۰٪ به وضوح مشخص است. اما در ترکیب هم زمان پنج ضلعی و مکعب فضایی، شیوه اصفهانی با ۵۰٪ نمونه‌ها، پیش‌تاز است. این موضوع می‌تواند بیانگر آن باشد که در شیوه اصفهانی، گرایش به هم نشینی و ترکیب الگوهای هندسی، بیش از دو سبک دیگر بوده است. در حالی که پنج ضلعی از ترکیب چلیپا و

مرکز شکل گرفته و شامل پنج عنصر است که همراه با افزودن «تأثیر»، نمادی از چرخ فلک به شمار می‌رود، اگر دوازده وجهی منتظم را در نظر بگیریم، هر وجه آن، یک پنج ضلعی منتظم است که به صورت ساده روی سطح تخت قابل ترسیم است. با اتصال پنج رأس پنج ضلعی، ستاره پنج پر شکل می‌گیرد. این هندسه، نمونه‌های بارزی در معماری اسلامی دارد، مانند گنبد مسجد جامع اصفهان (اردلان، ۱۳۸۰: ۲۳ و ۲۷) (تصاویر ۲ و ۴).



شکل ۳- پنج ضلعی و تأثیر آن در تعیین ارتفاع آهیانه یا خود گنبد‌های ایرانی

از راست به چپ: مسجد جامع ورامین (پنج ضلعی با جرز بیرون ارتفاع گنبد خارجی را داده). در ایوان قبله و گنبد نظام الملک مسجد امام اصفهان (پنج ضلعی پلان داخل گنبد، ارتفاع آهیانه را داده) و گنبد تاج الملک (پنج ضلعی، ارتفاع بیرونی گنبدانه را مشخص نموده است).

(منبع: نوایی و حاج قاسمی، ۱۳۹۰)

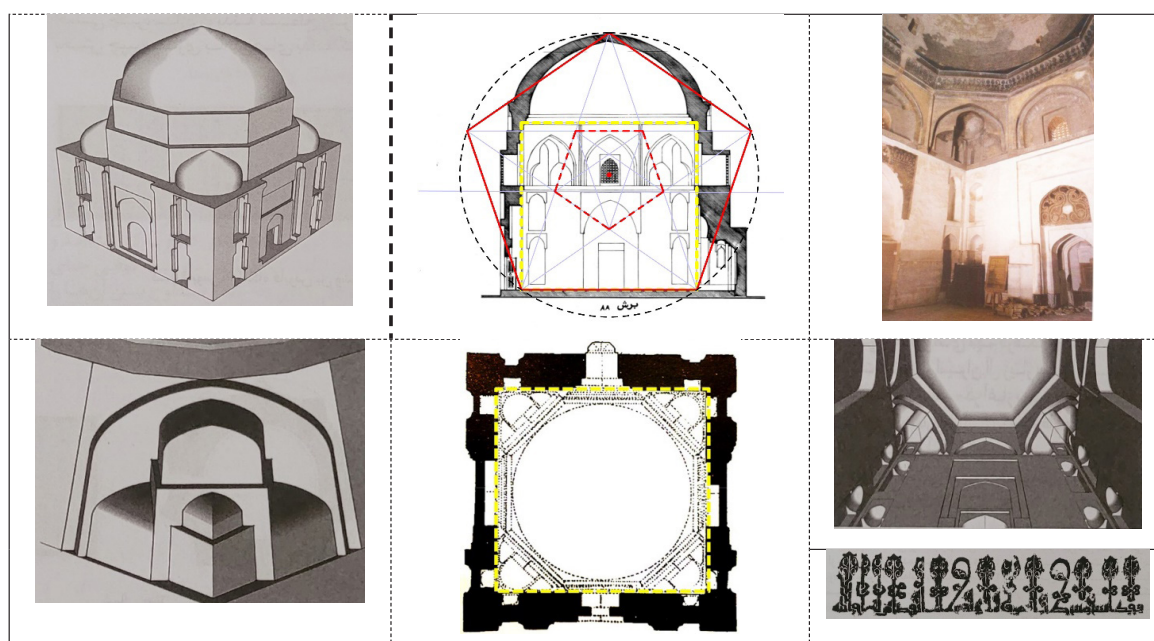
در پنج ضلعی، نسبت قطر به ضلع پنج ضلعی، که به «نسبت طلایی» معروف است، اهمیت بیشتری نسبت به خود پنج ضلعی یافته است. در میان اجسام افلاطونی، پنج ضلعی منتظم، ارزش ویژه‌ای

دارد (ر.ک: نوایی و حاج قاسمی، ۱۳۹۰)، زیرا نسبت‌های آن، مبنای هارمونی و تعادل ساختاری در این اجسام است. همان‌طور که در تصویر شماره (۳) مشاهده می‌شود، رشته‌ای از ستاره‌های پنج پر بر اساس نسبت

تجلی هندسه عملی بوزجانی در بقعه دوازده امام یزد

از دوره حکومت آل بویه (۳۳۳ تا ۴۴۷ هـ.ق)، فعالیت گسترده‌ای در زمینه ساخت بقعه روی مشاهد مشرفه و مزار امامزادگان آغاز شد (مسعودی اصل و دیگران، ۱۳۹۷: ۸). یکی از نمونه‌های شاخص این سنت، آرامگاه - مسجد دوازده امام در محله فهادان یزد است که در سال ۴۲۹ هـ.ق در دوران حکومت آل کاکویه (که ادامه‌دهنده حکومت امرای شیعی آل بویه بودند) ساخته شد. نام دو برادر، ابومسعود و ابویعقوب، از سرداران آل کاکویه، در کتیبه‌های این بنا به چشم می‌خورد.

طلایی به صورت هماهنگ به یکدیگر مرتبط هستند و امکان جای‌گذاری عناصر معماری را در نقاط مشخص فراهم می‌کنند. منتظر و سلطان‌زاده (۱۳۹۷) پس از بررسی عدد نمادین پنج، حداقل ده نوع گره را شناسایی کرده است که هر کدام با الگوی پنج‌ضلعی منتظم قابل ترسیم هستند. پنج‌ضلعی، نمادی از وحدت و نظم، جایگاه ویژه‌ای در هنرهای سنتی و معماری اسلامی دارد. این شکل، همراه با نسبت طلایی و گره‌های هندسی پیچیده، در بناهایی مانند گنبد‌های مسجد جامع اصفهان به کار رفته و برخی از محققان، سعی در نشان دادن نقش آن داشته‌اند (تصاویر ۳ و ۴).



شکل ۴- بقعه دوازده امام یزد. ترکیب کمال گرایی مکعب با نمادگرایی و مرکزگرایی کره در بالا در اهیانه. ابعاد پلان، سازنده اضلاع پنج‌ضلعی و مکعب فضایی

(منبع نقشه از: گنج‌نامه و سه‌بعدی از معماریان، ۱۳۹۹، ترسیم پنج‌ضلعی از: نویسندگان)

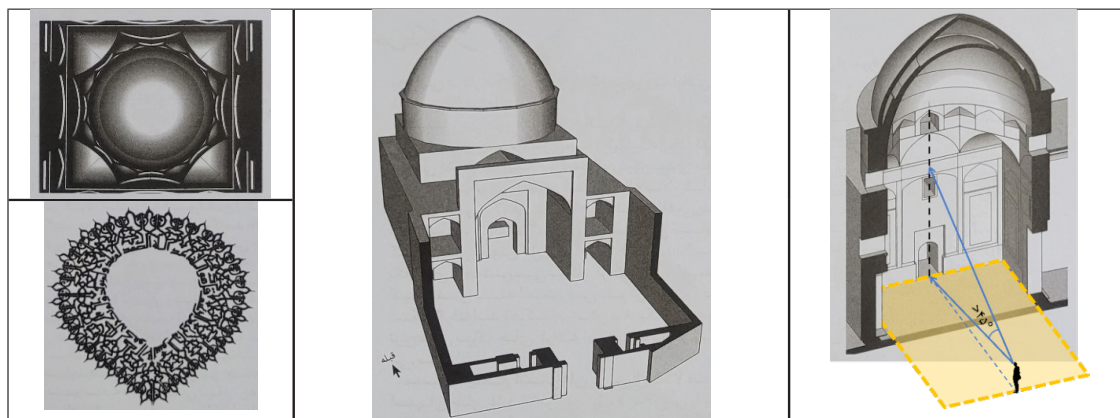
بنا، کهن‌ترین نمونه شناخته‌شده ایرانی با این نوع چپیره‌سازی است. در این بنا تلاش شده تا میان بدنه چهارگوش گنبدخانه و چپیره‌سازی، با افزودن طاقچه‌هایی در امتداد اجزای درونی پتکانه‌ها، هماهنگی ایجاد شود (معماریان، ۱۳۹۹: ۴۱-۴۲). پلان خارجی بنا به شکل مربع، با اضلاع

بدنه گنبدخانه در سه بر شرقی، غربی و شمالی، با سه طاق اصلی در مرکز و طاقچه‌هایی دو طبقه تعریف شده است. بر جنوبی، یعنی بدنه قبله، با تورفتگی به شکل محراب طراحی شده است. بخش چپیره‌سازی بنا دارای هشت طاق باربر است که درون آنها با نیم‌طاق‌های پتکانه اجرا شده‌اند. این

و کتیبه یال بالایی مکعب فضایی را مشخص نموده که در بسیاری از ابنیه، این موضوع رعایت شده است (به تصاویر شماره ۴، ۵ و ۷ توجه شود).

اگر به اهمیت شکل‌گیری مکعب فضایی بر اساس ویژگی‌های چشم ناظر توجه شود، اگر فردی در آستانه ورودی گنبدخانه قرار گیرد و به بالا بنگرد، برای آنکه احساس محصوریت شدید نکند، باید کتیبه‌ها را در زاویه‌ای کمتر از ۴۵ درجه مشاهده کند. مناسب‌ترین زاویه دید برای کتیبه‌ها، حدود ۳۰ درجه است و حداکثر ارتفاع آن باید پایینتر از یال بالایی مکعب قرار گیرد تا با کاهش زاویه دید ناظر، کمتر از ۴۵ درجه باقی بماند. در این میان، حس بینایی، نقش اصلی در درک زیبایی و مطلوبیت فضا ایفا می‌کند.

۱۱ متر و فضای داخلی به ابعاد ۸/۲۵ متر طراحی شده است. ارتفاع گنبد، به عنوان دومین گنبد تاریخ‌دار ایران، تا کف گنبدخانه، ۱۲ متر اندازه‌گیری شده است. ارتفاع آهیانه و گنبد داخلی، نزدیک به ارتفاع پنج‌ضلعی است که اضلاع آن مساوی با اضلاع پلان داخلی بناست و از این جهت می‌تواند به عنوان نمونه‌ای از ابنیه با نظام دوایری و پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد پلان در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه اگر از کف بنا و در اندازه ابعاد پلان آن به عناصر گنبدخانه نگریسته شود (حدوداً زاویه ۴۵ درجه)، خط دید به کتیبه افقی از آیه‌الکرسی ختم می‌شود و پس از آن، آغاز گنبد داخلی قرار گرفته است، بنابراین مهم‌ترین عناصر فضایی در این مکعب فضایی جای گرفته‌اند



شکل ۵- آرامگاه سید رکن‌الدین یزد. ناظر در آستانه ورودی گنبدخانه در یال بالایی مکعب و زاویه کمتر از ۴۵ درجه کتیبه را

می‌بیند. شروع چیره‌سازی پس از مکعب فضایی است.

(منبع تصاویر از: معماریان، ۱۳۹۹، ترسیم خطوط از: نویسندگان)

محصوریت کامل در فرد ایجاد می‌شود؛ به طوری که لبه بالایی بدنه فضا در میدان دید قرار می‌گیرد. نسبت میان ارتفاع فضا و عرض آن، چه در فضاهای کاملاً محصور و چه نیمه‌محصور، تعیین‌کننده حس تناسب فضایی است. این نسبت اگر به‌درستی و با در نظر گرفتن ابعاد انسانی تنظیم شود، از نظر روانی در ناظر، احساس آرامش ایجاد خواهد کرد. زاویه دید ۳۰ درجه به سمت

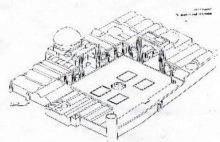
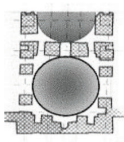
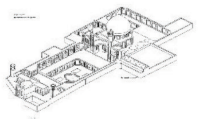
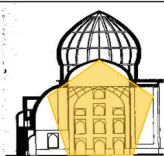
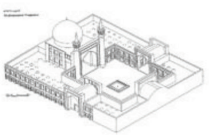
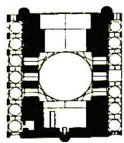
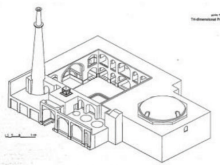
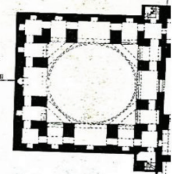
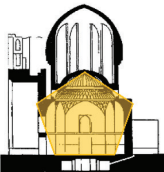
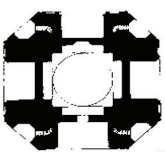
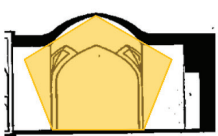
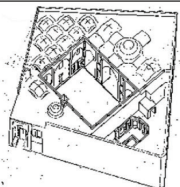
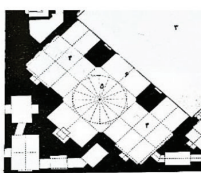
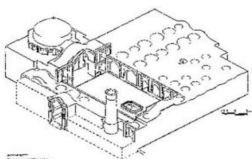
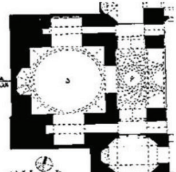
در بحث مؤلفه‌های آسایش بصری و نقش آن در مناسب‌سازی محیط، کیفیت رابطه بصری میان انسان و فضا، اهمیت بسیاری دارد. درک ساختار بصری معماری، ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های فیزیولوژیکی چشم دارد؛ امری که کمتر به آن پرداخته شده است (عزیزمقدم و هاشمی طغرالجردی، ۱۴۰۱: ۱۰۹). مطابق با یافته‌های محققان، اگر زاویه دید در فضا حدود ۴۵ درجه (نسبت ۱:۱) باشد، حس

بالا و نزدیک به آن، مطلوب‌ترین زاویه دید است (توسلی، ۱۳۹۵: ۶۰). در تصویر شماره (۷)، مهم‌ترین اجزای معماری در زاویه دید زیر ۴۵ درجه قرار دارد و محدوده مکعب فضایی ایجاد کرده است.

گذری بر تناسبات گنبدخانه‌های مساجد از سبک رازی تا اصفهانی قرن چهارم، هم‌زمان با حکمرانی آل‌بویه

را می‌توان دوره درخشش ریاضیات مهندسی در ایران دانست. بهره‌گیری از تناسبات در معماری پس از اسلام نیز ادامه یافت و به‌ویژه با پدیدار شدن نظریه‌های دانشمندان بزرگی چون اخوان‌الصفاء در زمینه عدد و تناسبات در سده‌های چهارم و پنجم هجری، کاربرد تناسبات، امری رایج در معماری ایرانی بوده است.

جدول ۲- تناسبات پنج ضلعی در شیوه‌های مختلف، از پلان مربع تا چند ضلعی

مقطع بنا	حجم سه‌بعدی بنا	پلان گنبدخانه	بنا، سبک و پلان
			مسجد جامع ساوه: رازی پلان گنبدخانه: مربع
			مسجد آقابزرگ کاشان: اصفهانی گنبدخانه: هشت ضلعی
			مسجد گوهرشاد: آذری مربع گسترش از دو وجه
			مسجد علی (ع) اصفهان: رازی - اصفهانی گنبد مربع گسترش یافته
			آرامگاه ابونصر پارسا: آذری پلان: مربعی با گسترش پذیری در طاقچه‌ها
			مسجد شیخ علیخان زنگنه اصفهان: سبک اصفهانی پلان: چلیپا شکل یک محور
			مسجد جامع کاشان: رازی گنبدخانه: مربعی شبه چلیپا

و اصفهانی، هر کدام حدود ده مسجد به صورت تصادفی، برحسب بازدید نویسنده و یا کامل بودن اطلاعات، انتخاب و بررسی شد. نتایج آن در تصاویر ۲، ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است.

برای پاسخ به این سؤال که با هدف انتقال حس تعادل فضایی، گنبدخانه‌ها بر چه تناسباتی تکیه داشته‌اند، تناسبات پنج‌ضلعی و مکعب فضایی در تعدادی از مساجد بررسی شد. در این تحقیق، از دوره‌های رازی، آذری

جدول ۳- تجلی تناسبات مکعب فضایی در مساجدی که در شیوه‌های رازی، آذری و اصفهانی ساخته شده یا شروع ساختشان بوده است.

مکعب فضایی				نوع تناسبات دوره ساخت با شروع به ساخت
				رازی
مسجد جامع زواره	مسجد جامع گلپایگان	گنبد نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان	گنبد تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان	
مسجد جامع روستای محمدآباد (اصفهان)	مسجد فیروزآباد میبد	مسجد جامع اردستان	مسجد جامع قم	
				آذری
مسجد بابا عبدالله نائین	مسجد میدان کاشان	مسجد میرچماق یزد	مسجد جامع ورامین	
				اصفهانی
مسجد امام بروجرд	مسجد ملا اسماعیل یزد	مسجد میرعماد کاشان	مسجد جامع ارومیه	

(منبع تصاویر: از گنج‌نامه و معماریان؛ ترسیم پنج‌ضلعی و مکعب از: نویسندگان)

مساجد، ارتفاع آهیانه با ارتفاع پنج‌ضلعی داخلی هماهنگ بوده و در برخی دیگر، همانند مسجد کبود تبریز در جدول (۵)، ارتباط معناداری دیده نمی‌شود. در جدول (۳)، تطبیق مکعب فضایی با مقاطع گنبدخانه‌های مساجد متعلق به شیوه‌های رازی، آذری و اصفهانی نشان داده

در این تصاویر، مساجد در سه دسته «دارای تناسبات پنج‌ضلعی»، «دارای تناسبات مکعب فضایی» و «دارای تناسبات پنج‌ضلعی و مکعب فضایی» دسته‌بندی شده‌اند. همچنین چند نمونه از مساجدی که دارای هیچ‌یک از تناسبات یادشده نبوده‌اند نیز آورده شده است. در جدول (۲) در برخی از

شده است. همچنین در شکل (۶)، تجلی پنج‌ضلعی و مکعب فضایی در مساجد دوره‌های رازی، آذری و اصفهانی نشان داده شده است و در جدول (۵)، نمونه‌هایی که فاقد تناسبات پنج‌ضلعی و مکعب فضایی هستند، آورده شده است. بررسی نمونه‌های مشابه نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد، مقطع گنبدخانه‌ها با تناسبات این دو شکل هندسی (پنج‌ضلعی و مکعب فضایی) هم‌خوانی دارد؛ به گونه‌ای که در بسیاری از مساجد مورد مطالعه، پنج‌ضلعی‌ای که طول ضلع آن برابر با ابعاد پلان گنبدخانه است، ارتفاع آهیانه (در مقطع داخلی) را مشخص می‌کند.

از سوی دیگر، مکعب فضایی نیز در اغلب این مساجد با مقطع گنبدخانه‌ها هماهنگ است؛ به گونه‌ای که در بیشتر موارد، انتهای مکعب فضایی با شروع پتکانه یا پاکار چفد گنبد منطبق می‌شود. حتی در مواردی که این انطباق کامل وجود ندارد، مکعب فضایی همچنان در شناسایی خطوط یا نقاط مهمی، همانند ردیف چفد و طاق‌های زیر گنبد، پنجره‌های زیر گنبد و... در مقطع جایگاه مهمی داشته است. از مساجد بررسی شده، تعداد قابل توجهی در جدول (۴) در دسته مساجدی قرار دارند که هم‌زمان با تناسبات پنج‌ضلعی و مکعب فضایی تطبیق دارند و سایر مساجد باقی‌مانده در سه جدول ۲، ۳ و ۵ در دسته‌بندی‌های جداگانه آورده شده‌اند. در تطبیق مکعب فضایی در مقاطع مساجد شیوه‌های رازی، آذری و اصفهانی مشخص شد که در بسیاری از موارد، مکعب فضایی با شروع پتکانه یا پاکار چفد گنبد مرتبط است و در مواردی که این مکعب وجود ندارد،

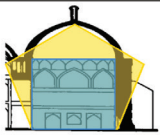
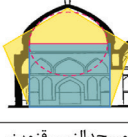
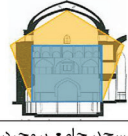
نقاط یا خطوط مهمی در مقطع مشخص می‌شود.

همچنین در این دسته‌بندی، در برخی نمونه‌ها مانند مساجد دوطبقه یا مساجد با خیز بلند دوره آذری، پنج‌ضلعی‌ای که طول ضلع آن به اندازه عرض گنبدخانه (طول ضلع مکعب فضایی) است، به شناسایی نقاط یا خطوط مهمی در مقطع مساجد، همانند محل شروع خیز گنبد منجر می‌شود.

این موضوع، فرضیه نخست تحقیق را که ارتفاع گنبد داخلی و آهیانه برای دستیابی به تعادل فضایی با «ارتفاع پنج‌ضلعی» متناظر با ابعاد پلان تنظیم شده است، به واقعیت نزدیک می‌کند. تناسبات موزون ناشی از هندسه مشترک، اساس گنبدخانه‌های ساخته‌شده در قرون چهارم و پس از آن است. در این دوره‌ها، تناسبات پنج‌ضلعی یا مکعب فضایی و یا هر دو، در اکثر گنبدهای معروف ایران دیده می‌شود که جداول (۴) و (۵) و شکل (۶)، این موضوع را تأیید می‌کنند. در برخی از گنبدخانه‌های این دوره (با پلان مربع تا هشت‌ضلعی)، با خطای ده درصد، تناسبات پنج‌ضلعی مشاهده می‌شود. برخی گنبد‌ها دارای این تناسبات در فضای داخلی و برخی در گنبد بیرونی هستند.

نمونه ابنیه مورد بررسی نشان می‌دهد فرضیه دوم که عناصر افقی درون فضای گنبدخانه - همانند کتیبه‌ها یا نورگیرها - با قرارگیری در موقعیت خاص در یال بالای مکعب فضایی، نقش بارزی در ایجاد تعادل فضایی داشته است، در شکل‌دهی به فضای گنبدخانه با مصادیق متعددی روبه‌رو می‌شود.

جدول ۴- تجلی همزمان تناسبات پنج ضلعی و مکعب فضایی در مساجدی که در سبک‌های رازی، آذری و اصفهانی ساخته شده‌اند یا شروع ساختشان بوده است.

پنج ضلعی + مکعب فضایی			نوع تناسبات دوره ساخت یا شروع به ساخت
			رازی
مسجد ملک کرمان	مسجد جامع قزوین	مسجد جامع برسیان	
			آذری
مسجد جامع اشترجان	مسجد جامع یزد	مسجد جامع نطنز	
			اصفهانی
مسجد النبی قزوین	مسجد شیخ لطف‌الله	مسجد امام اصفهان	
			
مسجد جامع بروجرد	مسجد ساروتقی (اصفهان)	مسجد آقانور اصفهان	

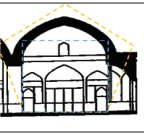
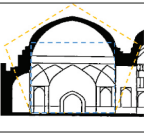
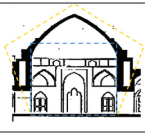
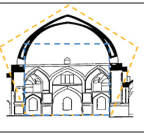
(منبع تصاویر از: گنج‌نامه و معماریان؛ ترسیم پنج‌ضلعی و مکعب از: نویسندگان)

با استفاده از نخ یا طناب به شمار می‌آید. کانون‌های بیضی، محل‌هایی هستند که با بستن طنابی با طول مشخص به آنها می‌توان بیضی را ترسیم کرد. محل کانون را بر چوبی مستحکم و قطور (شاهنگ) که در مرکز گنبدخانه قرار داده بودند، مشخص کرده و در آن محل، زنجیر (هنجار) را بسته‌اند. شاهنگ را با چوب‌هایی به دیوار و چنبره، محکم کرده‌اند و رج‌چینی گنبد و میزان داخل نشستن را با شاخص زنجیر تعیین کرده‌اند (عالمی و کمالی زارچی، ۱۳۹۹: ۷۷).

نوع کار استادان سنتی و معماران معاصر نشان می‌دهد که آنها گنبد را به صورت یک‌به‌یک روی زمین ترسیم کرده، سپس نسبت به خط عمود مرکزی، فاصله آجرها را به استادکار روی داربست اعلام و کنترل می‌کردند. بنابراین اصولاً ترسیم مقطع یک گنبدخانه روی زمین پیش از اجرا، موضوعی محتمل است.

همچنین استفاده از «هنجار» و «شاهنگ» کاربرد داشته است. روش شاهنگ و هنجار، یکی از معروف‌ترین روش‌ها برای اجرای گنبد است و برگرفته از روش ترسیم بیضی

جدول ۵- مساجدی که فاقد تناسبات پنج ضلعی و مکعب فضایی هستند.

نوع تناسبات دوره ساخت یا شروع به ساخت		نوع تناسبات دوره ساخت یا شروع به ساخت		نوع تناسبات دوره ساخت یا شروع به ساخت
فاقد تناسبات پنج ضلعی و مکعب فضایی		فاقد تناسبات پنج ضلعی و مکعب فضایی		آذری
				
مسجد سید اصفهان	مسجد جامع حکیم	مسجد جامع سمنان	مسجد کبود تبریز	

(مأخذ تصاویر از: گنج‌نامه و معماریان؛ ترسیم پنج ضلعی و مکعب از: نویسندگان)

نتیجه گیری و پیشنهاد

این پژوهش با هدف کشف و تحلیل نظام‌های هندسی و تناسبات حاکم بر گنبدخانه‌های معماری اسلامی ایران شروع و با روش تحلیل هندسی پلان و مقطع انجام شده است. مسئله اصلی تحقیق، شناسایی الگوهای فضایی و تناسبات هندسی در ساختار گنبدخانه‌هاست. یافته‌ها نشان می‌دهد که معماران سنتی از دانشی نظام‌مند در حوزه تناسبات هندسی برخوردار بوده‌اند و این دانش را در مقیاس‌بندی بنا و مکان‌یابی فضاهای اصلی، به‌ویژه گنبدخانه‌ها به کار گرفته‌اند. ظرافت و پیچیدگی این فضاها، در قالب نظام‌مندی از شاکله‌های هندسی، آرایش فضایی و الگوهای منظم چیدمان عناصر، قابل دسته‌بندی و تحلیل است. تحلیل‌های تطبیقی نشان داد که تناسبات درونی گنبدخانه‌ها عمدتاً بر دو

الگوی اصلی استوار است:

الف) ارتفاع پنج‌ضلعی منتظم، مبتنی بر ابعاد داخلی پلان

ب) مکعب فضایی، هم‌راستا با ابعاد پلان داخلی

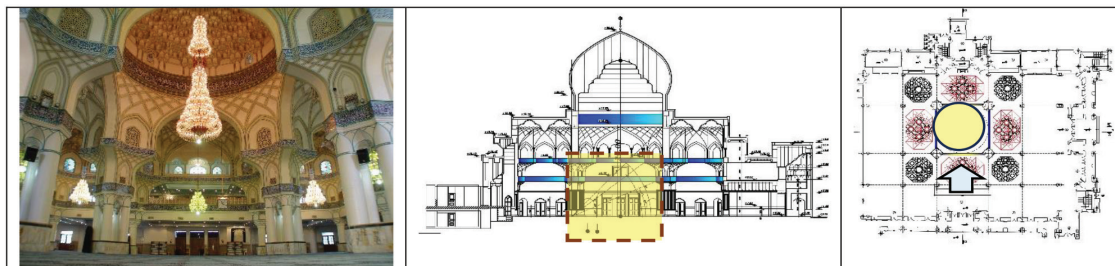
در برخی نمونه‌ها هر دو الگو به طور هم‌زمان حضور دارند، اما در تعدادی، صرفاً مکعب فضایی به کار رفته و نشانی از پنج‌ضلعی داخلی دیده نمی‌شود. بنابراین مکعب فضایی، سهم بیشتری در ساختار گنبدخانه‌ها دارد. شواهد همچنین نشان می‌دهد که تکرار پنج‌ضلعی در گنبد بیرونی، بدون وابستگی مستقیم به ابعاد پلان داخلی، تناسب قابل ادراکی ایجاد نمی‌کند. از این‌رو تحلیل‌های هندسی در این پژوهش بر ابعاد داخلی پلان و فضای درونی گنبدخانه‌ها متمرکز شد.

جدول ۶- نوع تناسب و تحلیل آماری

نوع تناسب	رازی	آذری	اصفهانی	جمع	درصد
پنج‌ضلعی	۳	۲	۲	۷	٪ ۱۸
مکعب فضایی	۸	۴	۴	۱۶	٪ ۴۱
ترکیبی	۳	۳	۶	۱۲	٪ ۳۱

بر اساس جدول شماره (۶)، بیشترین کاربرد نوع تناسب در معماری سنتی ایران مربوط به مکعب فضایی، با ۴۱ درصد است که نشان‌دهنده اهمیت ساختارهای سه‌بعدی و نظم فضایی در طراحی گنبدخانه‌هاست. نوع ترکیبی با ۳۱ درصد، جایگاه دوم را دارد و بیانگر بهره‌گیری هم‌زمان از چند نظام هندسی برای ایجاد تعادل و هماهنگی در فضا است. نوع پنج‌ضلعی با ۱۸ درصد کمتر به کار رفته است، اما همچنان نقش برجسته هندسه افلاطونی را در معماری اسلامی ایران نشان می‌دهد.

مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با معماران سنتی و دانشگاهی و حضور میدانی در بناهای تاریخی، نقش مؤثری در درک عمیق‌تر نظام طراحی و ساخت گنبدخانه‌ها و شیوه‌های تناسب‌یابی ایفا کرد. با اتکا به داده‌های میدانی و فراتحلیل پژوهش‌های پیشین، این پژوهش تلاش کرد تا الگوی مشترکی از نظام تناسبات گنبدخانه‌ها ارائه دهد که می‌تواند در حفظ و باززنده‌سازی اصول اصیل معماری اسلامی - ایرانی، به‌ویژه در طراحی گنبدخانه‌های معاصر، مؤثر باشد.



شکل ۶- تجلی مکعب فضایی در مصلاي جديد حرم عبدالعظيم (ع). تصوير چپ کتيبه‌ها و ارتفاع ۲۶ متری آهيانه. وسط، مقطع گنبدخانه با مکعب فضایی. راست، فضای آستانه ورود به ستون‌های گنبدخانه با حدود ۱۵ متر فاصله و برابر با ارتفاع يال مکعب. (پلان، مقطع و تصوير از: نويسندگان)

و اصفهانی، ارتفاع گنبد داخلی با ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با پلان نزدیک است و مکعب فضایی نیز با عناصر افقی مشخص، همچون کتیبه‌ها، قابل تشخیص است. لازم به ذکر است که تاکنون شواهد قطعی دال بر تأثیر ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد داخلی پلان بر ارتفاع گنبد بیرونی یافت نشده و تمرکز پژوهش بر تحلیل فضای داخلی گنبدخانه‌ها بوده است. بررسی تنها حدود ۳۰ تا ۴۰ نمونه و دشواری دسترسی به اسناد اجرایی دقیق برخی بناها، از محدودیت‌های این پژوهش است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با گسترش دامنه نمونه‌ها و تلفیق ابعاد هندسی با جنبه‌های سازه‌ای و نمادین، به کشف عمیق‌تر نظام فضایی گنبدخانه‌ها پردازند.

چهار حالت نسبت ابعاد داخلی پلان و ارتفاع گنبدخانه‌ها

-حالت اول: ارتفاع داخلی گنبدخانه (یا آهيانه) به طور محسوسی کوتاه‌تر یا بلندتر از ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد پلان است و نیازمند پژوهش‌های تخصصی مستقل است.

-حالت دوم: ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با ابعاد پلان، دقیقاً ارتفاع داخلی گنبدخانه یا آهيانه را مشخص می‌کند.

-حالت سوم: ارتفاع پنج‌ضلعی متناظر با پلان، با ارتفاع داخلی گنبدخانه تطابق ندارد، اما تشکیل مکعب فضایی بر اساس ابعاد پلان و عناصر افقی، فضایی متعادل و نظام‌مند ایجاد می‌کند.

-حالت چهارم: در برخی مساجد و مدارس وابسته به شیوه‌های رازی، آذری

منابع

زیبا: معماری و شهرسازی، سال هجدهم، شماره ۱، صص ۲۹-۴۴.

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2013.36355>

عالمی، بابک و صدیقه کمالی زارچی (۱۳۹۹) «نظام نیارش گنبدخانه کهن کاشان (گنبدخانه مسجد جمعه)»، هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، سال بیست و پنجم، شماره ۳، صص ۷۳-۸۶.

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2021.312670.672544>

عزیز مقدم، محمدامین و سید مجید هاشمی طغراجردی (۱۴۰۱) «معماری به مثابه فرهنگ: تحلیلی بر کاراکتر زاویه بصری در تطبیق پذیری فرهنگ و معماری فضاها بینابین»، فصلنامه جامعه‌شناسی فرهنگ و هنر، سال چهارم، شماره ۲، صص ۱۰۹-۱۲۷.

کاشانی، غیاث‌الدین جمشید (۱۳۶۶) رساله طاق و ازج، ترجمه و تحقیق علیرضا جذبی، تهران، سروش.

گنجنامه (۱۳۸۳) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران: مساجد (ویراست دوم)، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

----- (۱۳۸۳) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران: مساجد جامع (جلد ۱) (ویراست دوم)، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

----- (۱۳۸۳) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران: مساجد جامع (جلد ۲) (ویراست دوم)، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

----- (۱۳۸۹) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر دوازدهم: امامزاده‌ها و مقابر، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

----- (۱۳۹۴) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر دوم: مساجد اصفهان (ویراست دوم)، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

گنون، رنه (۱۳۶۵) سیطره کمیت و علائم آخرالزمان، ترجمه علی محمد کاردان، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

مشهدی، علی و محمدرضا نامداری (۱۴۰۲) «تحلیل تطبیقی دگردیسی فرم در مساجد فاقد شبستان دوره صفوی و معاصر ایران (موردپژوهی: مسجد شیخ لطف‌الله و مسجد الغدير تهران)»، مطالعات شهر ایرانی اسلامی، سال سیزدهم، شماره ۵۰، صص ۵۱-۶۳.

اردلان، نادر (۱۳۸۰) هنر معماری در ایران، تهران، سروش.

افشین مهر، وحید و عباس غفاری و ریحانه زمانی (۱۴۰۰) «ارزیابی کیفیت آکوستیک در گنبدخانه نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان»، پژوهش‌های معماری اسلامی، ۹(۲)، ۱۲۳-۱۴۰.

<https://doi.org/10.52547/jria.9.2.123>

البوزجانی، محمد بن محمد (۱۳۶۹) هندسه ایرانی، ترجمه علیرضا جذبی، تهران، سروش.

پرتو، شیده، نوروزبrazجانی، ویدا و میرشاهزاده، شروین (۱۴۰۱) «بررسی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر ادراک حس معنویت در فضای مساجد (مطالعه موردی: شش مسجد معاصر تهران)»، مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۱۲(۴۸)، ۲۹-۴۰.

<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1056969>

پیرنیا، محمدرکیم (۱۳۸۶) سبک‌شناسی معماری ایرانی، تدوین غلامحسین معماریان، تهران، سروش دانش.

پیرنیا، محمدرکیم و زهرا بزرگمهری (۱۳۸۵) هندسه در معماری، تهران، سبحان نور.

توسلی، محمد (۱۳۹۵) اصول و روش‌های طراحی شهری و فضاها مسکونی در ایران: طراحی دسترسی، تهران، دانشگاه تهران.

حلیمی، محمدحسین (۱۳۹۰) زیبایی‌شناسی خط در مسجد جامع اصفهان، تهران، قدیانی.

حیاتی، حامد و مرضیه مرادی‌نافچی (۱۴۰۳) «ارزیابی هندسه فضایی مساجد تاریخی قم با تأکید بر معناشناسی محور»، مطالعات شهر ایرانی اسلامی، سال پانزدهم، شماره ۵۵، صص ۱۷-۳۷.

رحیم‌نیا، رضا و ناهید هلاکویی و سجاد موذن (۱۴۰۱) «بازخوانی عملکرد مناره با تکیه بر مضامین موجود در آیات کتبی‌های قرآنی (نمونه موردی: مناره‌های شیوه رازی در ایران)»، مطالعات شهر ایرانی اسلامی، سال دوازدهم، شماره ۴۷، صص ۱۹-۳۳.

<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1041157>

رضازاده، مجتبی و مجتبی ثابت‌فرد (۱۳۹۲) «بازشناسی کاربرد اصول هندسی در معماری سنتی (مطالعه موردی: قصر خورشید و هندسه پنهان آن)»، هنرهای

وحدت طلب، مسعود و فرهاد احمدنژاد (۱۳۹۷) «بررسی تجربی عوامل مؤثر در مطلوبیت زیبایی شناسانه تناسب گنبدهای معماری ایرانی- اسلامی»، فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، سال چهارم، شماره ۱، صص ۱۶-۲۷.

<https://doi.org/10.22034/jiscs.2023.1041157>

وحدت طلب، مسعود و تورج هاشمی و سمیه قدیمزاده (۱۳۹۸) «مفهوم و زمینه‌های مختلف نمودیابی ظرافت در معماری: مطالعه موردی گنبد سلطانیه و مسجد شیخ لطف‌الله»، باغ نظر، ۱۶ (۸۱)، ۳۹-۵۲.

<https://doi.org/10.22034/bagh.2019.176115.4042>

Kharazmi, M., & Sarhangi, R. (2016) An analytical study of the methods of design and geometric constructions in architectural ornaments of the Friday Mosque of Forumad. Nexus Network Journal, 18 (1), 275- 310.

Korsavi, S. S., & Aliabadi, M. (2015) Geometry and proportion of conical domes' plans in Iran: Reviewing case studies. Journal of Architectural Engineering Technology, 4 (1), 1000137.

Sarhangi, R. (1999) The sky within: Mathematical aesthetics of Persian dome interiors. Nexus Network Journal, 1, 87- 98.

معماریان، غلامحسین (۱۳۹۰) معماری ایرانی، تهران، سروش دانش.

----- (۱۳۹۹) معماری ایرانی: دستگاه‌شناسی، تهران، گلجام.

مقیم، محمد (۱۳۸۶) «روش موردکاوی و کاربردهای آن در علوم انسانی»، روش‌شناسی علوم انسانی، سال سیزدهم، شماره ۵۰، صص ۷۱-۱۰۲.

منتظر، بهناز و حسین سلطانزاده (۱۳۹۷) «بازتاب نقش پنج‌ضلعی منتظم در نقوش هندسی معماری اسلامی ایران»، مطالعات هنر اسلامی، سال چهاردهم، شماره ۳۰، صص ۱۵-۴۰.

<https://sid.ir/paper/136760/fa>

مسعودی‌اصل، بهزاد و احمدعلی فرزین و شهره جوادی و ناصر براتی (۱۳۹۷) «مبانی معماری مقابر امامزادگان در ایران»، باغ نظر، سال پانزدهم، شماره ۶۴، صص ۵-۱۴.

<https://doi.org/10.22034/bagh.2018.69476>

مولوی، بهزاد و مسعود قاسم‌زاده (۱۳۸۱) بررسی هندسه در معماری گذشته ایران (دوران اسلامی)، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

نجیب‌اوغلو، گلرو (۱۳۷۹) هندسه و تزیین در معماری اسلامی، ترجمه مهرداد قیومی بیدهندی، تهران، روزنه.

نوایی، کامبیز و کامبیز حاج‌قاسمی (۱۳۹۰) خشت و خیال، تهران، سروش.

