



The Effect of Geometric Forms of Post-Islamic Architectural Facades on the Audience's Perception of Structural Resistance

ARTICLE INFO

Article Type

Analytic Study

Authors

Hediehsadat Hosseinian ^{1*}
Mojtaba Ansari ²

How to cite this article

M
URL:

ABSTRACT

Aims: Geometric proportions and forms used in architectural façades profoundly influence human emotions and reactions, serving as the visual language through which buildings express structural stability and strength. The present study aims to analyze the impact of geometric forms in post-Islamic Iranian architectural façades on the audience's perception of structural resistance. It explores whether the geometric composition of façades affects how viewers understand the stability and durability of buildings.

Methods: Four major architectural styles of Iran Khorasani style, Razi style, Azari style, and Isfahani style were comparatively examined. A descriptive-survey method with a quantitative approach was applied to analyze the geometric and structural characteristics of these post-Islamic architectural styles. The consistency and relative influence of each geometric component were evaluated and compared using the Shannon Entropy method to quantify their perceptual contribution to the sense of structural resistance.

Findings: The results indicate that architectural geometry plays a crucial role not only in technical performance but also in shaping the psychological and visual perception of structural stability among audiences. The study highlights the dual aesthetic and structural communicative function of geometry in architectural façades.

Conclusion: The Isfahani style, with its symmetrical design and four-iwan layout, demonstrates clarity in conveying structural strength, while the Azari style manifests power through monumental scale. In contrast, the simpler geometric compositions of the Razi style and Khorasani style may reduce the perceived sense of structural resistance. These findings suggest that historical geometric principles can inform contemporary façade design by enhancing visual and structural resilience.

Keywords: Geometric Form; Structural Resistance; Razi; Khorasani; Isfahani; Shannon entropy

CITATION LINKS

1- PhD student in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*Correspondence

Address: Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Email:
ansari-m@modares.ac.ir

Article History

Received:---

Accepted:---

Published: ---

[1]. Hosseinian H, Labibzadeh R. Improving the Design Principles of Smart Facades in Office Buildings Using the Internet...[2]. Ranjzmay Azari M, Bemanian M, Mahdavinjad M, Körner A, Knippers J. Application-based principles of islamic geometric patterns; state-of... [3]. Ibrahim I, Al Shomely K, Eltarabishi F. Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Contemporary Designs, a Systematic...[4]. Korur Z, Erbaş K. Breaking Complexity: Kaleidoscopic Tools for Islamic Geometric Pattern...[5]. Lee J, Ostwald M. The 'visual attractiveness' of architectural facades: measuring visual complexity and attractive strength in architecture...[7]. Zandieh M, Ronagh E. The use of the Holy Quran tunes in the production of geometrical decoration for Iranian architecture based on the...[8]. Ilgaz E, Bittermann M, Özkan D. On the Regularity of Opening...[9]. Cucuzzella C, Rahimi N, Soulikias A. The evolution of the architectural façade since 1950: a contemporary categorization...[10]. Beder D, Pelowski M, Imamoğlu Ç. Influence of complexity and Gestalt principles...[11]. Kashani S, Pazhouhanfar M. Correction: Role of physical attributes of preferred building...[12]. Balik D, Allmer A. A critical review of ornament in contemporary architectural...[14]. Pourjafar M, Amini M, Varzaneh E, Mahdavinjad M. Role of bazaars as a unifying...[15]. Pourbagher S. Designerly Approach to Highperformance Architecture...[16]. Wang F, Munakata J. Assessing effects of facade characteristics and visual elements on...[17]. Agirbas A, Yildiz G, Sahin M. Interrelation between grid systems and star polygons...[18]. Marcon S, Ferro P, Berto F, Bertolin C, Gao C. Numerical Investigation...



تأثیر فرم‌های هندسی نماهای معماری بعد از اسلام بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: تحقیق بنیادی

نویسندگان

هدیه سادات حسینیان^۱
مجتبی انصاری^۲

اهداف: تناسبات هندسی و فرم‌های به‌کاررفته در نماهای معماری تأثیر عمیقی بر احساسات، ادراک و واکنش‌های مخاطب دارند و به‌عنوان زبان بصری و بیانی بناها، درک مفهوم مقاومت و استحکام سازه‌ای را برای مخاطب شکل داده و تقویت می‌کنند. پژوهش حاضر با هدف تحلیل تأثیر فرم‌های هندسی در نماهای معماری پس از اسلام ایران بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب انجام گرفته است. در این تحقیق بررسی شد که آیا فرم‌های هندسی در نمای ساختمان می‌توانند تأثیری در درک مخاطب از میزان استحکام و پایداری سازه‌ای شوند.

روش‌ها: روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و پیمایشی با رویکرد کمی است. چهار شیوه معماری خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی به‌صورت تطبیقی مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله نخست، ویژگی‌های هندسی و سازه‌ای هر شیوه استخراج شد و سپس میزان تأثیر هر مؤلفه با استفاده از روش آنتروپی شانون سنجیده، وزن‌دهی و مقایسه گردید.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد که هندسه در معماری، علاوه بر عملکرد فنی، در ادراک روانی و بصری مخاطب از پایداری و مقاومت سازه‌ای نیز نقشی بنیادین ایفا می‌کند و می‌تواند در طراحی معاصر به‌عنوان الگویی برای ارتقای پایداری بصری و القای استحکام مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که شیوه اصفهانی با طراحی‌های متقارن و پلان‌های چهار ایوانی، شفافیت بیشتری در نمایش مقاومت سازه‌ای دارد. شیوه آذری نیز با ابعاد عظیم بناها و استفاده از تناسبات قوی، حس قدرت و استحکام را القا می‌کند. در مقابل، شیوه رازی به دلیل کمبود فرم‌های پیچیده و شیوه خراسانی با سادگی فرمی خود، در انتقال این درک سازه‌ای ضعیف‌تر عمل می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: بی

۱. دانشجوی دکترای معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استاد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

نویسنده مسئول *

ansari-m@modares.ac.ir

تاریخ مقاله

تاریخ دریافت:
تاریخ پذیرش:
تاریخ انتشار:

ارجاع‌دهی

م

URL: <http://b>

مقدمه

از نظر دکتر پیرنیا، هنر و معماری ایران از دیرباز دارای چند اصل بوده است که به خوبی در نمونه‌های این هنر نمایان شده است. این اصول چنین هستند: ۱- مردم‌واری، ۲- پرهیز از بیهودگی، ۳- نیارش، ۴- خودبسندگی، ۵- درون‌گرایی. برحسب تئوری ویتروویوس نیز، معماری بر اساس تلفیق سه عنصر عملکرد، ایستایی و زیبایی شکل می‌گیرد و هر اثر معماری باید واجد هر سه این عناصر به صورت هم‌زمان باشد. اصول زیبایی‌شناسی و درک مخاطب از نمای ساختمان، علاوه بر نقش عملکردی و حفاظتی، به عنوان زبان بصری و رابط میان فضا و مخاطب، اهمیت ویژه‌ای دارد. در معماری پس از اسلام ایران، فرم‌های هندسی به‌ویژه در نماها، نه تنها به تزئینات محدود نبوده، بلکه به بیان مفاهیم هویتی، فرهنگی و حتی مفاهیم ساختاری می‌پرداختند. در دو قرن گذشته، محققان غربی به بررسی آثار تاریخی ایران پرداخته‌اند و دستورالعمل‌های طراحی نمای ساختمان‌های نوساز را با تکیه بر خصوصیات خانه‌های تاریخی ارائه کرده‌اند. این دستورالعمل‌ها، که توسط نهادهای مختلفی همچون یونسکو و ایکوموس تهیه شده، به بررسی جزئیات اجرایی و شکل کلی خانه‌های تاریخی پرداخته است. سبک‌های خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی با رویکردهای متفاوت، از نظر پیچیدگی هندسی، تناسب و تکرار فرم‌ها، تجربه بصری متفاوتی برای مخاطب ایجاد می‌کنند و بر برداشت او از پایداری و مقاومت سازه‌ای بنا تأثیرگذارند.

با وجود پیشینه غنی پژوهش‌های تاریخی و زیبایی‌شناختی در این حوزه، اغلب مطالعات به تحلیل بصری یا تاریخی محدود شده‌اند و کمتر به ادراک مخاطب از مقاومت سازه‌ای و ارتباط آن با فرم هندسی نما پرداخته شده است. به علاوه، بسیاری از پژوهش‌های تجربی هنوز رویکرد کمی و سامانمند برای وزن‌دهی مؤلفه‌های هندسی ارائه نکرده‌اند. روش‌های

مبتنی بر آنتروپی شانون، به عنوان روشی کمی برای سنجش نظم، تکرار و پیچیدگی هندسی، امکان تحلیل دقیق‌تر و مقایسه تطبیقی سبک‌ها را فراهم می‌کنند. این روش می‌تواند ارتباط میان فرم هندسی و برداشت مخاطب از مقاومت سازه‌ای را به صورت کمی آشکار سازد و راهنمایی برای طراحی معاصر ارائه دهد. کمبود مطالعات منسجم در این زمینه، ضرورت توجه به تأثیر فرم هندسی بر درک مخاطب را نمایان می‌سازد. همچنین، فقدان آگاهی نسبت به نقش فرم هندسی در شفاف‌سازی بیان سازه‌ای نما، چالشی است که نیاز به بررسی عمیق‌تری را ایجاب می‌کند.

پژوهش حاضر باهدف تحلیل تأثیر فرم‌های هندسی نماهای معماری پس از اسلام ایران بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب، و با تمرکز بر چهار شیوه خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی، تلاش می‌کند خلأ موجود در ادبیات علمی را پر کند و چارچوبی نوین برای پیوند میان زیبایی‌شناسی، هندسه و درک سازه‌ای ارائه دهد.

بیان مسئله

فرم‌های هندسی به کاررفته در نماهای معماری پس از اسلام ایران، علاوه بر ارزش زیبایی‌شناختی، نقش مهمی در انتقال مفاهیم هویتی و سازه‌ای بنا دارند. با وجود پژوهش‌های متعدد درباره جنبه‌های تاریخی، تزئینی و حتی سازه‌ای نماها، هنوز ارتباط میان هندسه نما و درک مخاطب از مقاومت سازه‌ای به صورت کمی و تطبیقی مورد مطالعه قرار نگرفته است. این محدودیت پژوهشی باعث شده که فهم دقیق از چگونگی تأثیر تناسبات، تکرار فرم‌ها و پیچیدگی هندسی بر ادراک پایداری بنا ناقص باشد. به عبارت دیگر، هنوز مشخص نیست که مخاطب چگونه مقاومت و استحکام یک بنا را از طریق الگوهای هندسی موجود در نما درک می‌کند و اینکه آیا تفاوت سبک‌های معماری ایرانی در این برداشت نقش دارد یا خیر. از طرف دیگر، روش‌های سنتی تحلیل فرم‌های معماری عمدتاً

شناسایی و تحلیل تطبیقی فرم‌های هندسی در نماهای معماری اسلامی ایران در چهار شیوه‌ی خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی است. اهداف فرعی شامل بررسی رابطه‌ی میان ویژگی‌های هندسی نما و ادراک مقاومت سازه‌ای مخاطب و بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون برای کمی‌سازی و رتبه‌بندی مؤلفه‌های هندسی مؤثر بر ادراک پایداری سازه‌ای است.

پیشینه پژوهش

با بررسی آثار مرتبط با مقوله فرم هندسی در معماری غرب، می‌توان آثار محدودی را ملاحظه کرد که توانسته‌اند به این موضوع در دوره معاصر و ارتباط آن با مقوله مقاومت سازه‌ای بپردازند. در خصوص آثار مرتبط با مقوله فرم هندسی در معماری ایران نیز، کمبود مطالعه منسجم در ارتباط درک مخاطب از مقاومت سازه‌ای نما در دوره معماری بعد از اسلام مشهود است. در سال‌های اخیر معماران به طراحی نما در تعامل با عوامل محیطی، گرایش پیدا کرده‌اند [۱]. در این بخش، مطالعات مرتبط در چهار دسته اصلی تقسیم شده است.

دسته اول مطالعات مروری و اصول فرم‌های هندسی به کاررفته در نما ساختمان است. این دسته شامل مقالاتی است که به بررسی اصول، کاربردها و خلأهای موجود در فرم‌های هندسی نما می‌پردازند. Ranjazmay Azari et al. در مقاله خود، به صورت مروری اصول الگوهای هندسی اسلامی (IGPs) را در سه حوزه زیبایی، پایداری و ساختاری بررسی کرده و خلأهای روش‌شناختی را برمی‌شمارد [۲]. Ibrahim رابطه با کاربرد فرم‌های هندسی نمای ساختمان در طراحی معاصر و تأثیرات پایداری آن‌ها ارائه می‌دهد [۳]. Korur et al. درباره ابزارها و ساختارهای الگوریتمی فرم‌های هندسی اسلامی که به تکرار، مدولار بودن و تقارن الگوها می‌نگرد [۴]. Lee & Ostwald زیبایی‌شناختی نماهای پالادیانی با استفاده از شاخص‌های «پیچیدگی» و «تنوع» را تحلیل می‌کند [۵]. حسینیان و لبیب‌زاده کاربرد هندسه به دلیل

توصیفی هستند و توانایی ارائه شاخص‌های کمی برای سنجش نظم، پیچیدگی و تکرار هندسی را ندارند. استفاده از روش آنتروپی شانون می‌تواند این خلأ را پر کند و امکان اندازه‌گیری دقیق ارتباط میان هندسه نما و برداشت مخاطب از مقاومت سازه‌ای را فراهم سازد. بر این اساس، پژوهش حاضر باهدف تحلیل تطبیقی چهار شیوه معماری ایرانی (خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی) تلاش می‌کند چارچوبی علمی و کمی برای درک نقش فرم‌های هندسی در برداشت مخاطب از مقاومت سازه‌ای ارائه دهد.

سؤالات و اهداف

پژوهش حاضر باهدف تحلیل تأثیر فرم‌های هندسی در نماهای معماری پس از اسلام ایران بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب صورت گرفت. فرم‌های هندسی در نماهای معماری شیوه‌های خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی چه تفاوت‌ها و ویژگی‌های شاخصی دارند؟ هر یک از چهار شیوه مذکور تا چه اندازه توانسته‌اند از فرم هندسی به عنوان عاملی در جهت درک مخاطب از کارایی و جزئیات اجرایی ساختمان بهره ببرند؟ روش آنتروپی شانون تا چه اندازه می‌تواند میزان اهمیت و تأثیر هر مؤلفه‌ی هندسی را در ایجاد ادراک مقاومت سازه‌ای مشخص کند؟ فرضیه‌های پژوهش بدین شرح است: میان میزان نظم، تناسب و تقارن در فرم‌های هندسی نما و درک مقاومت سازه‌ای مخاطب رابطه‌ای مستقیم و معنادار وجود دارد. در دوره‌های مختلف، فرم هندسی نما در راستای اهدافی چون کارایی و عملکرد قرار گرفته و در دوره‌هایی دیگر، این ارتباط قطع شده است؛ از این رو، نماهای متعلق به شیوه‌های رازی و آذری به سبب ساختار منظم‌تر و هندسه تکرارشونده، درک بالاتری از مقاومت سازه‌ای ایجاد می‌کنند. روش آنتروپی شانون ابزار مؤثری برای سنجش اهمیت مؤلفه‌های هندسی در ایجاد ادراک مقاومت است و می‌تواند به تحلیل دقیق‌تر روابط میان فرم و ادراک کمک کند. هدف اصلی این تحقیق،

ایجاد زیبایی بصری در هنر و معماری از اهمیت ویژه برخوردار است و تقریباً همه آثار هنری بر اساس نوعی هندسه به وجود آمده‌اند و بر این اساس معماران توانسته‌اند هندسه و فرم مورد نیاز هر فضا را در پاسخ به نیازهای چهار لایه وجودی انسان، براساس حکمت نظری و عملی فراهم می‌نمایند [۶].

Ronagh, E. & Zandieh, M. به تحلیل فرم‌های هندسی سه‌بعدی در معماری اسلامی پرداختند. آن‌ها با هدف بررسی شکل‌ها و فرم‌های هندسی سه‌بعدی مبتنی بر مقامات قرآنی در معماری اسلامی ایران، کمک شایانی به چارچوب هندسی تاریخی و تزئینی در معماری اسلامی نمودند. در پژوهش آن‌ها اگرچه فرم‌های هندسی تحلیل شده است، اما ادراک مقاومت سازه‌ای مخاطب بررسی نشده است [۷]. در مطالعات بین‌المللی، فرم هندسی نما یکی از بنیادی‌ترین عناصر در سازمان فضایی و خوانایی سازه در معماری به‌شمار می‌رود.

Ilgaz et al. در مقاله‌ای به بررسی تأثیر نظم هندسی بازشوها بر درک بصری مخاطب پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که قاعده‌مندی و تناسب ریاضی در نما، نه تنها باعث افزایش هماهنگی بصری می‌شود، بلکه در ذهن مخاطب، حس ایستایی و انسجام ساختاری را نیز تقویت می‌کند. این موضوع مستقیماً با محور اصلی پژوهش حاضر، یعنی نقش فرم هندسی در القای مقاومت سازه‌ای، هم‌جهت است [۸].

در همین زمینه، Cucuzzella et al. در مقاله‌ای، سیر تحول نماهای معماری از منظر فرهنگی و فنی را بررسی کرده و تأکید نموده است که هندسه نما نه تنها جنبه زیبایی‌شناختی دارد، بلکه بیانگر ساختار و فناوری سازه‌ای هر دوره است. از بررسی این پژوهش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که فرم هندسی، علاوه بر نقش زیبایی‌شناختی، حامل پیام سازه‌ای نیز هست؛ به گونه‌ای که نظم، تقارن و تناسب فضایی می‌توانند درک پایداری و مقاومت را در ذهن مخاطب افزایش دهند [۹].

دسته دوم مطالعات مروری بر ادراک بصری در نما ساختمان است. این دسته به آنچه انسان‌ها در مواجهه با نماها

می‌بینند و چگونه آن را ارزیابی می‌کنند، می‌پردازد. Lee & Oswald شاخص‌هایی مانند پیچیدگی بصری و جذابیت را معرفی کرده‌اند. بر این اساس، نماهای با پیچیدگی متوسط، جذاب‌ترند [۵]. Bede et al. اصول گشتالت و سطح پیچیدگی بر ارزیابی زیبایی بصری نماها را بررسی می‌کنند، یافته‌هایی چون رابطه معکوس بین پیچیدگی زیاد و امتیاز زیبایی را نشان می‌دهد [۱۰]. Hashemi Kashani et al.، تأثیر مؤلفه‌های فیزیکی نما (تزئین، تکرار، بازشوها و ...) بر پیچیدگی ادراک شده می‌پردازند و نشان می‌دهند که مؤلفه‌هایی چون تزئین (ornament) و آرایش سطوح از مهم‌ترین‌ها هستند [۱۱]. Balik & Allmer تمایز بین فرم هندسی بنای عمومی را بررسی کردند. از نظر آنان، تزئین نمادی از قدرت و شکوه ساختمان است [۱۲]. Ansari & Azadi کاربست الگوی محصوریت در باغ ایرانی برای افزایش امنیت و ایمنی را با توجه به ادراک مخاطب بررسی کردند [۱۳]. Pourjafar et al. به نقش بازارها در انسجام شهری سنتی و ارتباط ساختاری آن‌ها پرداختند. از نظر آنان، درک مخاطب از نمای شهری در انسجام شهری تأثیرگذار است [۱۴]. Pourbagher, S. در پژوهش خود، بر ادراک بصری در نما ساختمان پرداخته است. این پژوهش نشان می‌دهد که سطح و هندسه نما بر کیفیت بصری از دیدگاه مخاطب نقش مؤثری دارد. این مقاله اگرچه به درک فرم هندسی و ادراک مخاطب می‌پردازد، اما درک مخاطب از منظر مقومت سازه‌ای را بررسی ننموده است. [۱۵]. در پژوهش دیگری، Wang et al. به بررسی تأثیر ویژگی‌های هندسی و مصالح نما بر درک بیننده پرداخته‌اند. آنان بیان می‌کنند که تغییر در تناسب افقی و عمودی، نسبت بازشو به سطح، و ریتم بصری اجزا می‌تواند ادراک «سبکی» یا «سنگینی» سازه‌ای را تغییر دهد. به عنوان مثال، تکرار فرم‌های افقی و الگوهای منظم، القاکننده حس ثبات و استحکام است، در حالی که خطوط تیز و قائم ممکن است یادآور تنش یا فشار

نماها را بررسی نمود. براین اساس، شاخص‌هایی مانند تقارن، پیچیدگی و نمادگرایی در ادراک تأثیرگذارند [۲۵]. et al. Okhovat تأثیر روانی ساختمان‌های پایدار بر زندگی انسان را بررسی نمودند. [۲۶]. Abedini et al. به معنی‌سازی نمادین در فضاهای عمومی مسکونی می‌پردازد و رابطه مخاطب با فرم و طرح هندسی را مورد بحث قرار می‌دهد. یکی از یافته‌های آن این است که هر چه طرح هندسی بتواند معنا تولید کند، تعامل مخاطب با فضا عمیق‌تر خواهد بود. در این پژوهش اگرچه از نظر زیبایی‌شناسی، ادراک فرم بررسی شده است، اما رابطه بین فرم هندسی و درک مقاومت سازه‌ای بررسی نشده است [۲۷]. Medghalchi et al. رابطه بین ادراک و فرم هندسی را بررسی نمودند. در دوره صفوی، معماری ایران با بهره از هندسه و مفاهیم فلسفی-شیعی از جمله عالم مثال و عدل توانسته بستری برای ارتقای ادراک عقلانی مخاطب مهیا کند [۲۸]. در حوزه روان‌شناسی معماری، فرم هندسی نه تنها از منظر بصری بلکه از منظر ادراکی و حافظه‌ای نیز مورد بررسی قرار گرفته است. Prieto & Oldenhave در مقاله‌ای، به تحلیل دیدگاه معماران درباره زیبایی و جذابیت نما پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که فرم‌های هندسی منظم و متقارن، بیشترین ماندگاری ذهنی را در حافظه بیننده دارند و احساس اعتماد و ایستایی را القا می‌کنند [۲۹].

مبانی نظری

در این بخش، با مراجعه به منابع معتبر، مبانی مرتبط با حوزه پژوهش استخراج گردید. با توجه به اینکه این مقاله به بررسی ارتباط مفاهیمی چون فرم هندسی نما و چگونگی تأثیر آن بر درک مخاطب از ساختمان‌ها می‌پردازد، دیدگاه‌های خبرگان در این زمینه به دقت مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا، مطالعاتی عمیق در مورد فرم هندسی نما در معماری انجام شد تا به درک بهتری از این مفهوم دست‌یابیم. سپس، فرم

سازه‌ای باشند. این مطالعات نشان می‌دهد که درک مقاومت سازه‌ای نه فقط از طریق تحلیل فنی، بلکه از طریق دریافت بصری و هندسی مخاطب نیز شکل می‌گیرد [۱۶].

دسته سوم بر پیوند بین هندسه و عملکرد سازه‌ای است. این دسته به کارکرد سازه‌ای هندسه (یا تأثیر هندسه در تحلیل سازه) توجه دارد. Agirbas به مدل‌سازی سازه‌ای فرم هندسی پرداخته و کارایی سازه‌ای الگوها را تحلیل کرده است [۱۷]. Marcon et al. رفتار فشاری ساختارهایی با هندسه متأثر از فرم نما را مدل‌سازی می‌کند، بر این اساس تعامل بین فرم هندسی و مقاومت سازه‌ای نشان داده شده است [۱۸]. Giaccone et al. جزئیات هندسی فرم نما را از منظر سازه‌ای تحلیل می‌کند [۱۹]. Goudarzi et al. نسبت‌های طلایی و تناسبات هندسی در سازه و فرم را در مسجد شاه اصفهان تحلیل کردند [۲۰]. Ansari به ادراک فرم، مقیاس و بیان ساختاری در نماها پرداخت [۲۱]. جاویدان نیا، بمانیان و همکاران در زمینه پیوند هندسه و عملکرد سازه‌ای، نشان دادند که پیچش در فرم و ناهمگونی هندسی پلان موجب افزایش آسیب‌پذیری اجزای غیرسازه‌ای می‌شود. این نتیجه بر اهمیت هندسه در پایداری و مقاومت سازه‌ای تأکید دارد و از منظر نظری با هدف این پژوهش در بررسی تأثیر فرم‌های هندسی بر درک مقاومت سازه‌ای هم-راستا است [۲۲].

دسته چهارم بر مطالعات ادراک، حافظه بصری و تأثیر شکل هندسی می‌پردازد. این دسته به این مسئله می‌پردازد که چگونه ویژگی‌های هندسی نما بر به‌خاطر سپاری، شناخت و ادراک مخاطب تأثیر دارند. Azzam & Moqaram معتقدند که هرچه نمای ساختمانی پیچیده‌تر باشد، میزان دقت حافظه بصری کاهش می‌یابد [۲۳]. Liang et al. با استفاده از داده‌های میدانی و تحلیل‌های بصری به بررسی ادراک عمومی از نماهای شهری پرداخت [۲۴]. Wang et al. تأثیر عاطفی

هندسی نما در چهار شیوه تاریخی مورد تحلیل قرار گرفت تا تأثیرات آن بر درک مخاطب از کارایی و جزئیات اجرایی ساختمان‌ها روشن شود. این فرآیند نه تنها به شفاف‌سازی ارتباط بین فرم و عملکرد کمک می‌کند، بلکه به ما این امکان را می‌دهد که درک عمیق‌تری از تأثیرات بصری و معنایی فرم هندسی بر تجربه انسانی از فضاهای معماری به دست آوریم. در نهایت، این پژوهش به بررسی میزان تأثیر فرم هندسی نما بر درک مخاطب از کارایی و جزئیات اجرایی ساختمان‌ها می‌انجامد.

فرم هندسی: فرم نما تأثیر قابل توجهی بر رفتار و واکنش‌های افراد دارد و می‌تواند نتایج اعمال آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو بین انسان و نوع طراحی فضاهای معماری در جهت پاسخگویی به نیازهای انسان، رابطه‌ای هدفدار وجود دارد [۳۰]. در نماهای ساختمان، بخشی از اطلاعات محیطی به صورت ملموس و قابل درک ارائه می‌شود. به این ترتیب، نماهای ساختمان‌ها به عنوان عناصری عینی و قابل مشاهده در محیط شناخته می‌شوند که خود دارای ویژگی‌هایی از جمله فرم، عملکرد و معنا هستند [۲۱]. فرم هندسی نما به طور قابل توجهی بر بافت شهری تأثیر می‌گذارد و با خیابان‌ها و

میدان ادغام می‌شوند. در بناهای تاریخی، ساختار و هویت در نمای بیرونی ساختمان‌ها باهم ترکیب می‌شدند و فرم، عملکرد و ظاهر را به هم پیوند می‌دادند [۳۲، ۳۱]. در پژوهش‌های بین‌المللی اخیر نیز فرم هندسی به عنوان عاملی کلیدی در درک سازه‌ای و بصری ساختمان شناخته شده است. به عنوان نمونه، Ilgaz et al. نشان داده‌اند که نظم هندسی بازشوها در نما موجب تقویت ادراک ایستایی و نظم ساختاری در ذهن مخاطب می‌شود، در حالی که بی‌نظمی هندسی سبب القای بی‌ثباتی بصری می‌گردد [۸]. همچنین Cucuzzella et al. در مطالعه‌ای تاریخی تأکید کرده است که فرم هندسی نما بازتابی از فناوری و بیان سازه‌ای هر دوره است و می‌تواند نقش بیانی در انتقال مفهوم مقاومت سازه‌ای ایفا کند [۹]. این یافته‌ها نشان می‌دهد که هم در معماری تاریخی ایران و هم در مطالعات معاصر، هندسه نقش واسط میان زیبایی‌شناسی و بیان سازه‌ای دارد. براساس مطالعات جدید درباره ادراک بصری و ترکیب هندسی نماها، می‌توان ویژگی‌های هندسی و ادراکی مؤثر بر شکل و کالبد معماری را در چهار دیدگاه خلاصه کرد. جدول ۱ خلاصه‌ای از دیدگاه‌های این صاحب‌نظران را در این زمینه ارائه می‌دهد [۳۳].

جدول ۱. نظریات ارائه شده در فرم نما؛ ماخذ [۳۲].

ردیف	نظریه پرداز	تعریف
۱	دوران	معماری را به دو وجه علمی و هنری ساده مینماید و به وسیله دو وجه و دسته‌بندی کالبد بنا، در اختیار آیندگان قرار می‌دهد. در این راستا شکل‌های پایه و ترکیب آن‌ها را در قالب پلان و نما معرفی می‌نماید.
۲	کرایر	استفاده از شکل‌های پایه برای انتخاب الگوی هندسی و اشکال هندسی، پلان، نما، رئوس فرآیند طراحی هستند.
۳	فری	جهت نمایان شدن بیشتر عناصری که در سطح حیاط قرار گرفته اند همچون درختان بایستی از نماهایی با قاب بندی یکسان بهره گرفت.
۴	چینگ	ویژگی‌های دوبعدی فضاها و فرم را حاصل فنون و ویژگی‌های بصری (مانند تقارن، تعادل، تشابه، ریتم)، دانسته است سطح دیوار به عنوان یک عنصر

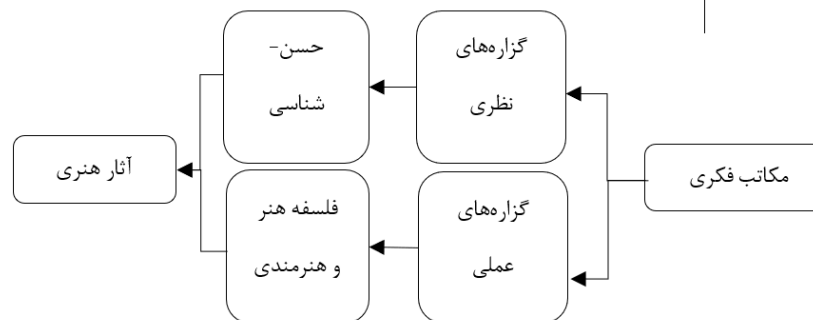
تأثیرگذار یا به شکل مجزا و یا به وسیله فرم، رنگ، بافت و ماده سازنده در ساختار معماری، خود را به نمایش میگذارد و یا با سطح و کف ترکیب می‌شود.

۵ کلاوس هردگ
نظم نهفته در هر شکل پدیدآورنده ساختاری است که بر شکل معماری تأثیر میگذارد.

نشان‌دهنده‌ی پیوند مستقیم بین ساختار هندسی و برداشت شناختی از مقاومت سازه‌ای هستند، که هدف اصلی مقاله حاضر نیز بررسی همین رابطه در معماری ایرانی پس از اسلام است.

در حیطه‌ی عملی نیز همین‌گونه است که در ابتدا لازم است با عناصر به‌صورت کامل آشنا شد، سپس تشخیص خوب و بد صورت می‌گیرد در مرحله بعد، تجربه حاصل می‌گردد و امکان ثبت تا دستیابی به یک اثر هنری ارزشمند صورت می‌گیرد. هنرمند تا خود شناخت نداشته باشد، نخواهد توانست اثر هنری اصیلی به وجود آورد، باید قبول کرد که همه‌چیز به یک اصل ربط دارد و همگی از یک سرچشمه به وجود آمده است. در صورت عدم پذیرش، به دلیل ناتوانی عقل در توجیه و پاسخ این امر، به شک و تردید و پوچی خواهد رسید [۳۴]. [از این‌رو انتخاب خبرگان در زمینه مطالعاتی مذکور حائز اهمیت است.

درک مخاطب از فرم در معماری: لزوم درک مخاطب، آگاهی فطرت، استعدادها و نیازهای انسان است. قضاوت، داوری، درست و غلط نتیجه این شناخت است. آنگاه قادر خواهیم بود برداشت‌های خود را به‌صورت تجربه سرلوحه قرار دهیم تا در ذهنمان حک شود. در نهایت وقتی که حسن‌شناسی حاصل گشت و به‌صورت خودآگاه یا ناخودآگاه، این تجارب، جزئی از طراحی در معماری گردید، یک اثر هنری ارزشمند و اصیل نمایان گردید. مطالعات جدید در حوزه ادراک معماری نیز نشان می‌دهند که فرم هندسی بر تجربه ذهنی و عاطفی کاربران اثرگذار است. Wang et al. در پژوهشی تأکید کرده‌اند که تناسب هندسی و توازن بصری در نما، احساس ایمنی و پایداری را در ذهن مخاطب تقویت می‌کند [۱۶]. از سوی دیگر، Prieto & Oldenhave دریافتند که تقارن و نظم در هندسه نما باعث افزایش ماندگاری ذهنی و حس اعتماد بیننده به پایداری بنا می‌شود [۲۹]. این یافته‌ها



شکل ۱. رابطه مکاتب فکری با آثار هنری از طریق گزاره‌های نظری و عملی

بسیاری معتقدند معماری معاصر ما، بدون شناخت از معماری سنتی و انسان کامل و ادراک او انجام گرفته‌شده است [۳۵]. پیدایش شکاکیت به عنوان یک پدیده فلسفی، به طور قابل توجهی موجب گسترش مباحث معرفت‌شناسی گردید. در حال حاضر، اساس مبانی نظری معماری بر دیدگاه‌های افراد معمار یا مکاتب فکری معماری استوار است. این مبانی بر هنرمند بودن معمار و بر باورهای فردی معماران در مورد معماری خوب تأکید دارند. امروز هیچ قرائت واحدی از معماری وجود ندارد و آموزش معماری به مثابه علم و صنعتی متعین، که دارای اصول و قواعد مشخص و بایدونبایدها باشد، امکان‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در حالیکه پیش‌ازین و در دوران سنتی و مدرن اصول و قواعد مشخصی مسیر آموزش معماری را مشخص و روشن می‌کرد. درواقع، شکاکیت به عنوان یک نیروی محرکه، معرفت‌شناسی را به عرصه‌ای از پرسش‌ها و تردیدها تبدیل کرد که در آن، جستجوی حقیقت و شناخت به یک سفر فلسفی عمیق و چالش‌برانگیز بدل شد. شکل ۲ نمایش رابطه طولی معرفت تا رسیدن به اثر هنری را نشان می‌دهد. بر اساس دیدگاه‌های مختلف دانشمندان، این تنوع معرفتی به دسته‌های گوناگونی تقسیم‌بندی شده است که در جدول ۲ به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. این تقسیم‌بندی به درک بهتر از ماهیت معرفت کمک می‌کند.

مقاومت سازه‌ای: در این مقاله، مفهوم مقاومت سازه‌ای و ارتباط آن با فرم هندسی بررسی می‌شود. هدف از مقاومت سازه‌ای با محوریت فرم هندسی، این است که مشخص شود تا چه اندازه، میزان رنگ، محل قرارگیری و ... می‌توانند در نمایش نیروهای سازه‌ای نما مؤثر باشند. فرم هندسی در پوسته معماری می‌تواند به عنوان ابزاری برای خوانایی و شفافیت درک مخاطب از سازه عمل کند یا بالعکس، به کتمان و پنهان‌سازی آن منجر شود. در دوره‌هایی از تاریخ معماری، عملکرد واقعی سازه‌ها پشت نقاب فرم‌های هندسی پنهان شده است، به گونه‌ای که مخاطب از درک عمیق‌تری از ساختار و

کارکرد آن‌ها محروم می‌ماند. تناسب، به عنوان یک اصل هنری، بیانگر رابطه هماهنگ میان اجزا است [۳۶]. این پدیده به ما یادآوری می‌کند که فرم و سازه نه تنها در تعامل، بلکه در تضاد نیز می‌توانند قرار گیرند. هماهنگی فرم هندسی با تناسبات نما می‌تواند به شفافیت بیان سازه‌ای کمک کند و درعین حال، در برخی موارد، حذف یا تغییر این هماهنگی می‌تواند به تحقق اهدافی دیگر منجر شود. مطالعات Giaccone et al. نشان داده است که مدل هندسی دقیق، عامل مهمی در توزیع نیروهای سازه‌ای و در نتیجه درک مخاطب از استحکام بناست [۱۹]. همچنین Marcon et al. با تحلیل عددی ساختارهای متأثر از الگوهای هندسی اسلامی ثابت کرده‌اند که شبکه‌های هندسی دارای تقارن بالا، کارایی سازه‌ای و ادراک بصری ثابت را به طور هم‌زمان تقویت می‌کنند [۱۸]. این پژوهش‌ها با یافته‌های این مقاله همسو هستند، زیرا در معماری پس از اسلام ایران نیز هندسه ابزاری برای نمایش درونی مقاومت سازه‌ای محسوب می‌شود. بر اساس مبانی نظری موضوع بررسی تأثیر فرم هندسی نماهای معماری بعد از اسلام در درک مقاومت سازه‌ای (مطالعه تطبیقی شیوه‌های رازی، آذری، اصفهانی و خراسانی) و همچنین مطالعه سیر تحول و پیشینه موضوع و تحلیل انتقادی نظریه‌های تبیین‌کننده موضوع، مدل نظری پژوهش به شرح شکل ۳ ارائه شده است.

روش تحقیق

این پژوهش با بررسی فرم هندسی و جایگاه آن در چهار شیوه معماری ایران به تأثیر تفاوت این جایگاه در ارتباط با میزان خوانایی و تناسبات بصری نیارش و ایستایی ساختمان می‌پردازد. برای پاسخ به این سؤال، از روش تحقیق توصیفی از نوع پیمایشی استفاده شده است. این تحقیق شامل بررسی نمونه‌های برجسته از هر دوره، تحلیل ویژگی‌های عملکردی و سازه‌ای آن‌ها از طریق پرسشنامه و مقایسه نتایج به دست آمده

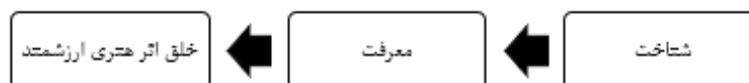
مشاهده عمیق بر اساس نظر خبرگان بوده است. به این صورت که نظرات خبرگان در پرسشنامه طیف لیکرت ۵ درجه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. استفاده از طیف لیکرت، به ما این امکان را می‌دهد که به‌طور کمی و کیفی به ارزیابی دیدگاه‌های مختلف بپردازیم و درک عمیق‌تری از توافق یا عدم توافق میان متخصصان به‌دست آوریم. در این پرسشنامه، عدد ۵ به‌عنوان بالاترین سطح موافقت و عدد ۱ به‌عنوان پایین‌ترین سطح موافقت تعیین‌شده است. این ساختار، به‌عنوان یک ابزار تحلیلی، به ما کمک می‌کند تا به‌طور واضح و مشخص، میزان توافق متخصصان را در مورد هر شاخص اندازه‌گیری کنیم. این عمل، نه‌تنها به ما امکان می‌دهد تا به جمع‌بندی و تحلیل داده‌ها بپردازیم، بلکه به ما یادآوری می‌کند که در هر پژوهش، نیاز به‌دقت و شفافیت در سنجش نظرات وجود دارد. جمع نمرات برای هر شاخص، به‌عنوان یک گام نهایی در این فرآیند، نشان‌دهنده تلاش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج معنادار است. سپس از طریق آنتروپی شانون پایایی و روایی اطلاعات کمی ارزیابی گشت. در شکل ۴ به تشریح روند ساختار کلی پژوهش و روش تحقیق پرداخته‌ایم.

یافته‌ها

در این بخش، تحلیل کیفی بناهای دوره‌های بعد از اسلام صورت پذیرفت. در ابتدا خصوصیات بناهای هر دوره بررسی گردید. سپس به تحلیل نمونه از بناهای هر دوره پرداخته شد. در این تحلیل، توجه اصلی بر نحوه‌ی تجلی ساختار سازه‌ای در کالبد بصری بناها و چگونگی ترجمه‌ی مفاهیم استحکام، توازن و زیبایی در قالب فرم هندسی نما متمرکز بوده‌است.

است. ابتدا هرکدام از بناهای مرتبط در چهار شیوه معماری ایران در دسته‌بندی خود به‌صورت توصیفی و با محوریت موضوع فرم هندسی نما توصیف گردید، سپس با رویکرد تحلیل محتوا به ارتباط فرم هندسی با مؤلفه ایستایی و مقاومت سازه‌ای پرداخته می‌شود. موارد استنتاج شده در این پژوهش، لزوماً به معنی صدق آن در تمام مصداق‌های معماری آن دوره نبوده، بلکه روح حاکم بر اکثریت آثار آن دوره را شامل می‌شود. در جهت رسیدن به ملاک کمی در نتیجه‌گیری‌ها، به نمونه‌گیری و ارزیابی جامعه آماری منتخب در قالب چک‌لیست اقدام گردید. ملاک پر کردن چک‌لیست، براساس استدلال منطقی و ارزیابی نگارندگان مدارک موجود بوده است. در انتخاب نمونه‌های موردی جهت ارزیابی با چک‌لیست ذکرشده، ابتدا ۴۰ نمونه از بناها به‌صورت نمونه هدفمند انتخاب گردید. دلیل هدفمند بودن در این مرحله انتخاب متناسب آثار از بین بناهای مطرح بوده است. سپس از بین نمونه‌های انتخابی ۲۵ مورد به‌صورت کاملاً تصادفی برای رسیدن به اعتبار نمونه‌ها برگزیده شد. نمونه‌گیری به روش طبقه‌ای انجام‌شده است. در نمونه‌گیری طبقه‌ای، واحدهای جامعه آماری ناهمگن را در طبقه‌هایی که از نظر صفت متغیر همگن‌تر هستند، گروه‌بندی می‌شوند، تا تغییرات آن‌ها در درون گروه‌ها کمتر شود. پس از آن از هر طبقه تعدادی نمونه به روش تصادفی ساده انتخاب می‌شود [۳۷]. به این صورت که دسته‌هایی از نماهای به سبک‌های خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی برداشت شدند (جدول ۳).

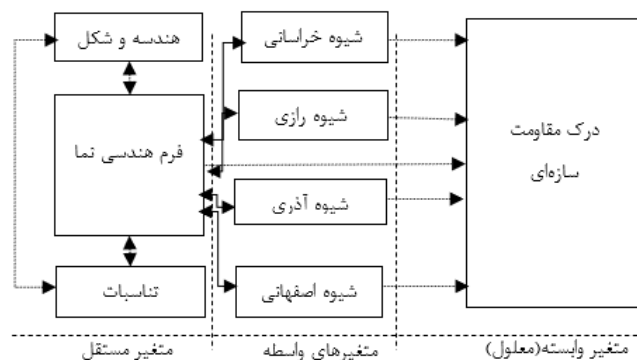
در ارزیابی کمی (ارزیابی با چک‌لیست مبتنی بر دیدگاه ۳۰ تن از خبرگان) به کار گرفته شد. روش ارزیابی متغیرها مبتنی بر



شکل ۲. رابطه طولی شناخت تا رسیدن به اثر هنری

جدول ۲. انواع مکاتب معرفت شناسی؛ [۳۶].

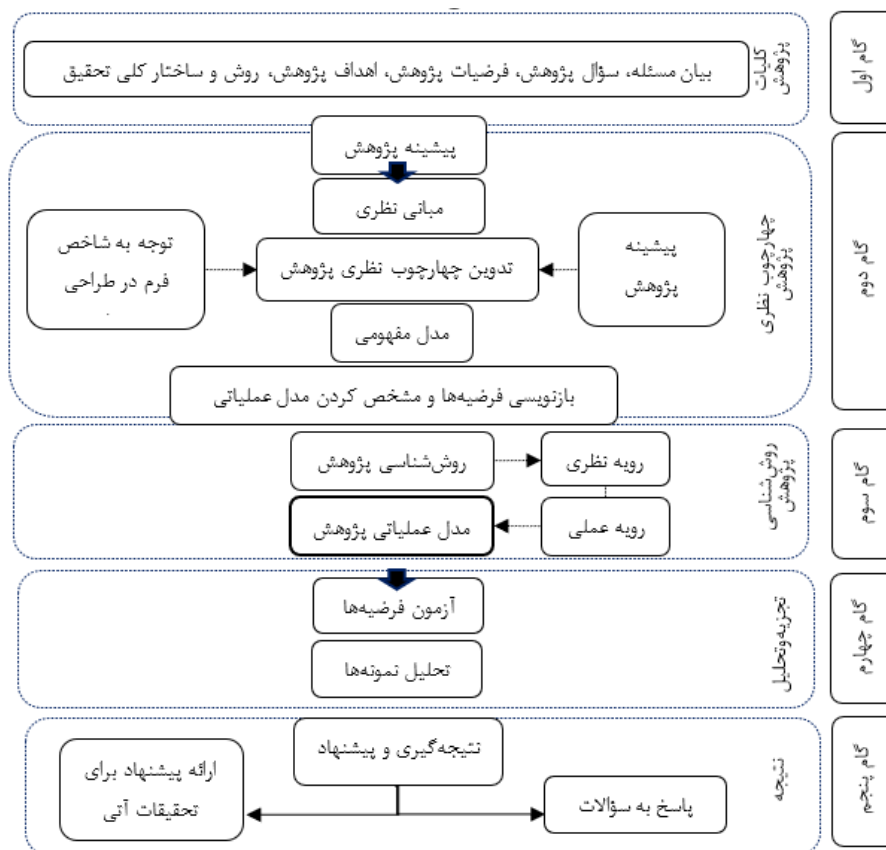
مکاتب از بعد معرفت شتاسی	ایزار و شیوه‌های معرفت	حاصل معرفت شتاسی	حاصل زیبایی‌شناسی	فیلسوفان
سوفسطائیان	بی اعتمادی به همه	عدم امکان شناخت	بی معیاری در	مگرمیاس
شک‌گرایان	ایزارها و شیوه‌ها	حقیقت	تشخیص زیبایی و زشتی	پیرهون
فردگرایان	فردی	حقیقت فردی	معیارهای فردی زیبایی و زشتی	پروتاگورا
تاریخ‌گرایان	بسته به دوره‌های تاریخی	درک حقیقت تلخ دوران تاریخی است.	تشخیص زیبایی و زشتی وابسته به شرایط تاریخی است.	هگل
جامعه‌گرایان	وابسته به شرایط طبقاتی و اجتماعی است.	درک حقیقت وابسته به شرایط طبقاتی و اجتماعی است.	تشخیص زیبایی و زشتی محدود به شرایط فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی است.	مارکس، گادامر، هرموتوتیک مدرن
نژاد‌گرایان	وابسته به نژاد است.	درک حقیقت تلخ نژاد است.	درک زیبایی و زشتی وابسته به نژاد است.	نیچه
حس‌گرایان	حواس پنج‌گانه + استقرا عقلی	محسوسات و علوم تجربی	زیبایی‌های محسوس (ظاهری)	پوزیتیویست‌ها، کتدیاک
حس‌گرایان	حواس پنج‌گانه + احاسات نفسانی انسان	محسوسات و علوم تجربی و حالات نفسانی و غریزی انسان	زیبایی‌های محسوس و درونی (غریزی)	لاک، هیوم
عقل‌گرایان	عقل	علوم عقلی	زیبایی‌های اولیه عقلی (مفهومی)	دکارت، کانت
مشائین	حواس + عقل + حس و استنتاج عقلی	علوم پدیدگی و نظری حس تجربی و عقلی	زیبایی‌های محسوس و معقول	ابوعلی سینا
اشراقیون	شهود قلبی (از طریق ترکیه درون)	معرفت حضوری به واقعیات روحی و ملکوتی	درک واقعیت زیبایی‌های یاعلی و ملکوتی	سهروردی، ابن عربی
حکمت متعالیه	علم حضوری اولیه + حواس (عقل، شهود، وحی و ست معصومین)	معرفت‌های علوم حصولی + معرفت‌های حضوری به همه مراتب وجود	زیبایی‌های حسی، مفهومی و شهودی	ملاصدرا



شکل ۳. مدل نظری پژوهش

جدول ۳. نام بناهای سبک‌های معماری بعد از اسلام به همراه مکتب مربوطه مکتب مربوطه

مکتب مربوطه	شیوه خراسانی	شیوه رازی	شیوه آذری	شیوه اصفهانی
نام بنا	مسجد مدینه	مقبره امیر اسماعیل سامانی	مسجد گوهرشاد	مسجد امام اصفهان
	مسجد جامع فهرج	گنبد قابوس	مدرسه غیاثیه خرگرد	مسجد شیخ لطف الله
	تاریخانه دامغان	برج های خرقان	مسجد میر چخماق یزد	مدرسه خان شیراز
	مسجد جامع اصفهان	مسجد جامع اصفهان	مسجد بی بی خانم سمرقند	مجموعه گنجعلی خان
	مسجد جامع اردستان	رباط شرف	گور امیر سمرقند	مسجد حکیم
	مسجد جامع نائین	مسجد جامع زواره	مسجد کیود تبریز	چهلستون
	مسجد جامع نیریز	مسجد جامع اردستان	مقبره سلطانیه	هشت بهشت
		گنبد سرخ مراغه	مسجد علیشاه تبریز	مدرسه چهارباغ اصفهان
			مسجد جامع ورامین	مدرسه امام (سلطانی)
			مسجد جامع یزد	مدرسه آقا بزرگ کاشان
			خانقاه شیخ عبدالصمد نطنز	



شکل ۴. ساختار کلی تحقیق و روش پژوهش

هنر و معماری در جهان پهناور اسلام دارای ۴ شیوه بنیادی است. شیوه مصری، شیوه شامی، شیوه مغربی و شیوه ایرانی. شیوه ایرانی در میان شیوه‌های جهان، از همه ارزشمندتر و گسترده‌تر بوده و دربرگیرنده‌ی کشورهای عراق، ایران، افغانستان، پاکستان، تاجیکستان و شیخ‌نشینان خلیج فارس است. واژه "شیوه" در ایران به جای آنچه در هنر غربی به نام "استیل" خوانده می‌شود، استفاده می‌شده است. اصولاً هر قسم از هنر بر مبنای خواستگاه خود خوانده می‌شده است و بر همین اساس است که به طور مثال در شعر شیوه عراقی، خراسانی، و ... را داریم. در قالبیافتی بافت‌های کاشان، اصفهان و ... را داریم. در معماری ایران نیز شش شیوه داریم که دو شیوه پارتی و پارسی مربوط به قبل از اسلام و چهار شیوه خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی مربوط به بعد از اسلام است [۳۸]. شیوه‌های پس از اسلام را می‌توان بازتابی از سیر تحول اندیشه درونی معماری ایران دانست؛ تحولی از سادگی و خلوص به سوی پیچیدگی و تکمیل، از بیان سازه درون به نمایش شکوه آن در فرم. اولین شیوه معماری بعد از اسلام، شیوه خراسانی است. شیوه خراسانی در قرن اول هجری و از ابتدای پذیرش دین مبین اسلام از سوی ایرانیان شروع شد و تا زمان آل بویه و دیلمیان (قرن چهارم هجری) ادامه داشت. باید توجه داشت که الگو و طرح مساجد اولیه اسلام تقلیدی از مسجد نبی اکرم (ص) در مدینه است. استفاده از سنگ لاشه در ساختمان سازی رواج یافت. پس از اسلام با الگو گرفتن از باورهای اسلامی ساختمان‌ها مردم‌وارتر شدند. گرچه در شیوه پارتی نیز مردم واری و پرهیز از بیهودگی نمایان بود، ولی پس از اسلام این ارزش‌ها بیشتر نمودار گشت. برای نمونه در آتشکده فیروزآباد، باوجود عظمت بنا، مخاطب درک از کوچکی می‌کند و یا در کاخ کسری نماسازی به گونه‌ای است که ۳ طبقه به نظر می‌آید در حالیکه در اصل یک طبقه می‌باشد و پشت نما خالی است. معماری شیوه خراسانی سادگی تا مرز امکان، استفاده از مصالح بوم آورد، پرهیز از

بیهودگی و مردم واری از ویژگی‌های این شیوه معماری ایران است. در این شیوه صداقت سازه‌ای در بالاترین حد خود نمایان می‌شود؛ فرم‌های ساده و مصالح طبیعی، حس ایداری و فروتنی را القا می‌کنند و رابطه‌ای صمیمی میان بنا و مخاطب شکل می‌گیرد. یکی از اصیل‌ترین بناهای این دوره مسجد جامع فهرج یزد است. مسجدی تک مناره‌ای از گل با طرحی ساده از ستون‌های خشتی است. در این بنا، هندسه نرم و ارگانیک فضاها، بیانگر پیوند میان زمین و سازه است؛ جایی که ماده، ساختار و معنا در وحدت کامل قرار دارند. در اواخر شیوه خراسانی، ساختمان‌هایی ساخته شدند که به شیوه رازی نزدیک شده بودند. ساختمان‌ها کارکردهای گوناگون پیدا نمودند. از جمله آرامگاه‌های برجی و میل‌ها. در شیوه رازی ساخت گنبد بسیار پیشرفت کرد و گونه‌های چفد تیزه دار برای طاق و گنبد بکار رفت. گونه‌های نگاره با خطوط شکسته و مستقیم رواج یافت. تکه‌هایی از کاشی همانند نگین به گونه‌ای ساده در میان آجرچینی بکار برده شد. در این شیوه، سازه دیگر در پس سادگی پنهان نیست، بلکه در قالب تناسبات آجر و چفدهای تیز، قدرت و صلابت خود را آشکار می‌سازد. نما، بیانی از نیروها و تنش‌های درونی است و مخاطب می‌تواند استحکام را در هندسه‌ی نما حس کند. شیوه آذری از جمله سایر شیوه‌های معماری در ایران از زمان ایلخانیان مغول تا زمان صفویه است. با توجه به نیاز زمان به ساخت ساختمان‌های گوناگون، سرعت ساخت شتاب گرفت. بنابراین پیمان بندی و بهره‌گیری از عناصر یکسان رواج یافت. از ویژگی‌های این دوره می‌توان به بهره‌گیری بیشتر از هندسه در تهرنگ ساختمان و ساخت ساختمان‌هایی با مقیاس بسیار بزرگ است. در این شیوه، هندسه نقش سازنده‌ی فرم است؛ فضاها بر اساس الگویی ماژولار و تکرارشونده سازمان می‌یابند و همین امر نوعی نظم ریاضی و استحکام بصری به نما می‌بخشد. عظمت مقیاس در کنار ظرافت جزئیات، حس اقتدار سازه‌ای را در ذهن بیننده تثبیت می‌کند. در شیوه رازی

می‌شد اما در شیوه اصفهانی هندسه ساده و شکل‌ها و خط‌های شکسته بیشتر بکار می‌رفت. در تهران ساختمان‌ها نخیز و نه‌هاز کمتر شد. همچنین از پیمون بندی و بهره‌گیری از اندام‌ها و اندازه‌های یکسان در ساختمان استفاده می‌شد. کیفیت بنا در این زمان پایین آمد. ساختمان‌ها همچون گذشته بادوام ساخته نشد. در شیوه رازی زبره و نما یا سفت‌کاری و نازک‌کاری باهم انجام می‌شد اما در شیوه آذری چون در ساخت بناها شتاب وجود داشت، زبره و نما جداگانه ساخته می‌شد که این روش در شیوه اصفهانی نیز ادامه یافت اما از دید معماری کامل‌تر گردید. از همه آمودهای شیوه‌های پیشین در این شیوه استفاده شد. البته بیشتر از کاشی خشتی هفت‌رنگ به جای کاشی تراش بهره‌گیری شد [۳۸]. شیوه اصفهانی را می‌توان اوج پختگی در بیان سازه‌ای مخاطب دانست؛ در آن، سادگی هندسی با غنای تزئینی تلفیق می‌شود و بنا با زبانی آرام اما منسجم از پایداری سخن می‌گوید. تقارن، تکرار و تناسب در این شیوه به حد کمال می‌رسد و نما چون چهره‌ای شاعرانه، سازه را به گفت‌وگو با مخاطب دعوت می‌کند.

آجرکاری، نماسازی همراه با سفت‌کاری انجام می‌شد و ساختمان پایدارتر و ماندگارتر درمی‌آمد در حالیکه در شیوه آذری، نخست ساختمان با خشت یا آجر و سنگ لاشه با شتاب و گونه‌ای بدون نما سفت‌کاری و سپس آمود و نماسازی به آن افزوده می‌شد. نماسازی آن یا با پوسته‌ای از آجر گره‌سازی آجری و گل‌انداز بود و یا با گچ، اندود و نقاشی روی آن می‌شد. گاه نیز گره‌سازی آجری با کاشی‌کاری و گره‌سازی در هم بکار می‌رفت. این ترکیب میان سرعت ساخت و دقت تزئین، بیانگر تلاشی برای هم‌نشینی عقلانیت سازه و زیبایی هنری است؛ چیزی که شیوه آذری را به اوج هماهنگی میان ساخت و معنا رسانده است. آخرین شیوه از شیوه‌های معماری ایران، شیوه اصفهانی است. این شیوه دربرگیرنده شیوه‌هایی است که در آن به شیوه‌های صفوی، افشاری، قاجاری و زندیه نامیده می‌شدند. این شیوه کمی بیش از روی آمدن صفویان، از زمان قره قویونلوها آغاز و تا پایان روزگار محمدشاه قاجار ادامه یافت. ساده شدن طرح‌ها که در بیشتر ساختمان‌ها فضاها یا چهارگوش‌اند و یا مربع از ویژگی این شیوه است. در شیوه آذری با به‌کارگیری یک هندسه قوی طرح‌های پیچیده ساخته

جدول ۴. تاریخچه تغییرات نما در معماری ایرانی [۳۸]

دوره تاریخی	خصایص نما		مطالعه موردی
	کالبدی	معنایی	
شیوه خراسانی	مسجد جامع فهرج یزد مسجدی تک مناره‌ای از گل با طرحی ساده از ستون‌های خشتی است.	سادگی تا مرز امکان، استفاده از مصالح بوم آورد، پرهیز از بیهودگی و مردم‌واری	مسجد جامع فهرج
شیوه رازی	ویژگی‌های کالبدی نمای مسجد گوهرشاد شامل استفاده از کاشی‌کاری‌های زیبا و رنگارنگ، ایوان‌ها و پیش‌طاقها که ورودی نمادین را شکل می‌دهند. قوس‌های تیز و گنبد بزرگ، تزئینات گچبری و خطاطی، و طراحی متقارن و باشکوه از دیگر ویژگی‌ها می‌باشند که جلوه‌ای خاص و معنوی به بنا می‌بخشد.	در دوره تیموری گنبد های دو پوسته، معماری به اوج فرم هندسی و نمایشی خود رسید. نما هویت و وجود بنا را معرفی می‌کند، در حالی که خود به‌طور مستقل از ساختار داخلی آن عمل می‌کند.	مسجد گوهرشاد

شیوه آذری	وجود گنبد‌های دوپوسته در جهت بزرگنمایی هندسه در تهرنگ ساختمان از ویژگی‌های نماهای شیوه آذری می‌باشد.	نخست ساختمان با خشت یا آجر و سنگ لاشه با شتاب و گونه‌ای بدون نما سفت‌کاری و سپس آمود و نماسازی به آن افزوده می‌شد. از ویژگی‌های این دوره می‌توان به بهره‌گیری بیشتر از هندسه در تهرنگ ساختمان و ساخت ساختمان‌هایی با مقیاس بسیار بزرگ است	گنبد سلطانیه
شیوه اصفهانی	نمای دوره صفویه، با کاشی و آجر تزئین شده است. در این دوره از اصول هندسی بسیاری بهره گرفته شده است. مطالعه هندسه نما و ارتباط آن با تناسبات پلان، نشان از آشنایی معماران آن دوره به تکنیک طراحی نما و پلان است.	معماری دوره صفوی، ثمره ی تلاش معماری در دوره تیموری است. نما به‌عنوان پوششی برای وجه بیرونی ساختمان است و عناصر اصلی ساختمان را پنهان می‌کند.	عالی قاپور و میدان امام اصفهان
دوره قاجار	در این دوره، ضرورت طراحی خیابان‌ها و مسیرهای جدید موجب دگرگونی در بدنه ساختمان‌ها گردید. به‌عنوان نمونه، میدان توپخانه از میدان شاه اصفهان و میدادین باروک الهام گرفت و نماهای ساختمان‌ها به سبک نئوکلاسیک شکل گرفت. این تحولات تحت تأثیر معماری غربی قرار داشت و عناصر وارداتی نظیر برج ساعت، پله‌های بیرون‌آمده، نماهای رو به خیابان و ایوان‌های مشرف به خیابان به نماها افزوده شدند.	از نظر سازماندهی کلی، عناصر نما، تزئینات و شیوه ساخت در بناهای دوره قاجار، ترکیبی از معماری بومی و الگوهای قرن نوزده اروپا را به نمایش می‌گذارد.	میدان توپخانه
دوره معاصر	استفاده از مصالح نوین و شکلگیری انواع سبک ها در نمای ساختمان‌ها بدون وجود وحدت و هماهنگی	تنوع گرای در نما سبب بی هویتی در نمای ساختمان‌ها شده است.	شهرهای ناصر تهران، مشهد، اصفهان و ...

یافته‌های کمی: در این پژوهش تأثیر اندازه و میزان فرم هندسی نما بر فهم مخاطب از بیان سازه‌ای به روش تحلیل محتوا مورد ارزیابی قرار گرفت؛ که با افزایش تعداد نمونه‌های موردی نتایج به‌صورت کمی نیز ارائه گردید. از آنجاکه نما، چهره بیرونی معماری و زبان گویای سازه است، درک مخاطب از فرم هندسی آن نقش تعیین‌کننده‌ای در ادراک هویت، توازن و زیبایی بنا دارد. در این پژوهش تلاش شد تا پیوند میان بیان سازه‌ای و زبان بصری فرم در قالب تحلیل کمی و کیفی موردتوجه قرار گیرد. بعد از ارزیابی متغیرها با استفاده

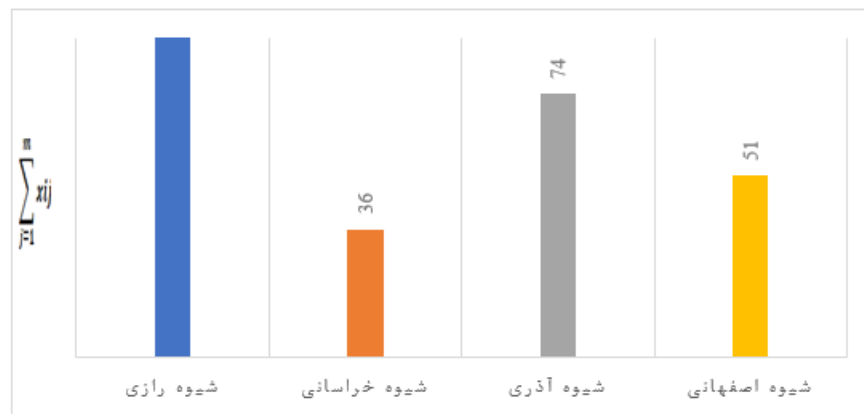
از پرسشنامه توسط خبرگان برای ۲۵ بنا، روایی و پایایی آن به‌وسیله آنتروپی شانون مورد ارزیابی واقع شد. انتخاب خبرگان بر پایه آشنایی آنان با مبانی نظری معماری ایرانی و اصول سازه‌ای انجام گرفت تا تحلیل‌ها صرفاً آماری نبوده، بلکه از نگاه طراحی و معناشناختی نیز غنا یابند. در این مرحله از پژوهش، شاخص‌های عملکرد و نیارش به‌وسیله پرسشنامه‌ای با استفاده از طیف لیکرت ۵ درجه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آخر جمع نمرات برای هر شاخص صورت گرفت. $\bar{x}_{ij}$ ، نمره هر متخصص (از الف تا و) به هر

شاخص در جدول ۹ مشخص شد. در شکل ۵ امتیازات هر شاخص در قالب نمودار بیان شد. طبق این نمودار، شاخص در شیوه رازی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است.

شاخص (از ردیف ۱ تا ۲) (جدول ۵) می باشد. $\sum_{j=1}^m x_{ij}$ مجموع نمرات متخصصان به هر شاخص می باشد. m در این رابطه، تعداد متخصصان می باشد. متخصصان به هر یک از شاخص ها از ۱ تا ۵ امتیازدهی انجام دادند. جمع امتیازات هر

جدول ۵. نمرات متخصصان به تأثیر فرم هندسی در شفافیت مقاومت سازه‌ای نما در پرسشنامه مرحله دوم روش دلفی

ردیف شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲
شیوه رازی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
شیوه خراسانی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
شیوه آذری	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
شیوه اصفهانی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱



شکل ۵. نمودار میله ای از نمرات متخصصان برای هر شاخص از شیوه‌های معماری ایران

رابطه (۱):

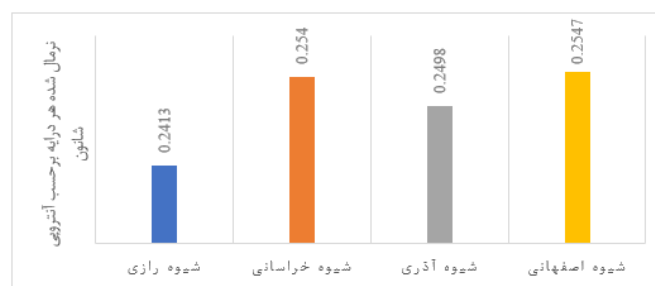
$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}}$$

به‌این ترتیب، امتیازات متخصصان براساس رابطه (۱) نرمال شدند. جهت ادراک بیشتر، در نمودار زیر نرمال شده‌ی هر درایه براساس جدول ۶ مشخص شده‌است. براساس نتایج حاصل‌شده، شیوه خراسانی بالاترین امتیاز را براساس نرمال شده‌ی هر درایه برحسب آنتروپی شانون، به خود اختصاص داده‌است. پایین‌ترین امتیاز نیز، مربوط به شیوه آذری است.

در این مرحله از آنتروپی شانون استفاده می‌کنیم. برای انجام این کار، گام‌های زیر را انجام می‌دهیم. در گام اول ماتریس تصمیم را بر اساس نمرات به‌دست‌آمده از جدول ۵ به دست می‌آوریم. برای این منظور لازم است هر درایه را نرمال کنیم. نرمال شدن به این صورت می‌باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می‌کنیم. x_{ij} درایه یا نمره متخصص نسبت به هر شاخص می‌باشد. $\sum_{j=1}^m x_{ij}$ مجموع نمرات متخصصان نسبت به هر شاخص می‌باشد R_{ij} ، نرمال شده هر درایه می‌باشد که از تقسیم نمره‌ای که هر متخصص به یک شاخص داده است بر مجموع نمراتی که متخصصان به آن شاخص داده‌اند به دست می‌آید.

جدول ۶. نرمال شده درایه ها برحسب آنتروپی شانون

ردیف	شاخص	۱	۲	۳	۴
	شیوه رازی	0.0243	0.0277	0.0135	0.0196
الف		0.0243	0.0277	0.0270	0.0196
ب		0.0325	0.0277	0.0405	0.0588
پ		0.0406	0.0277	0.0270	0.0196
ت		0.0243	0.0277	0.0405	0.0588
ث		0.0325	0.0277	0.0405	0.0392
ج		0.0325	0.0277	0.0270	0.0196
ح		0.0325	0.0277	0.0270	0.0588
خ		0.0243	0.0277	0.0270	0.0392
د		0.0243	0.0277	0.0675	0.0392
ذ		0.0406	0.0277	0.0270	0.0196
ر		0.0406	0.0277	0.0405	0.0392
ز		0.0325	0.0555	0.0405	0.0196
ژ		0.0406	0.0277	0.0270	0.0392
س		0.0325	0.0555	0.0405	0.0196
ش		0.0243	0.0277	0.0135	0.0392
ص		0.0325	0.0277	0.0405	0.0392
ض		0.0243	0.0277	0.0270	0.0196
ط		0.0325	0.0555	0.0405	0.0196
ظ		0.0406	0.0277	0.0135	0.0392
ع		0.0406	0.0277	0.0405	0.0392
غ		0.0325	0.0277	0.0270	0.0196
ف		0.0325	0.0555	0.0270	0.0196
ق		0.0325	0.0277	0.0270	0.0196
ک		0.0325	0.0277	0.0135	0.0392
گ		0.0243	0.0277	0.0270	0.0196
$\sum_{j=1}^m x_{ij}$		0.0243	0.0277	0.0135	0.0196



شکل ۶. نمودار میله ای نرمال شده‌ی هر درایه (شیوه‌های معماری بعد از اسلام) بر اساس تکنیک شانون

می‌شود (جدول ۱۱). در این مرحله، محاسبه مجموع نمرات و میانگین آن‌ها، به عنوان یک عمل تحلیلی، به ما این امکان را می‌دهد که به طور دقیق‌تری به درک تأثیر هر شاخص بر تناسبات بصری نما بپردازیم. داده‌ها سپس با استفاده از روش «آنتروپی شانون» تحلیل می‌شوند. این روش، به عنوان یک ابزار ریاضی و تحلیلی، به ما این امکان را می‌دهد که به طور دقیق‌تری به سنجش عدم قطعیت و تنوع در داده‌ها بپردازیم. آنتروپی شانون، به عنوان یک فرمول معتبر، دقت بالایی در محاسبه بار اطلاعاتی هر شاخص و وزن آن دارد.

بر این اساس، تأثیر فرم هندسی در شفافیت مقاومت سازه‌ای نما در شیوه اصفهانی بیشتر است. در مقابل، کمترین تأثیر مربوط به شیوه رازی است (شکل 7). این نتیجه با ویژگی‌های تاریخی و زیبایی‌شناختی شیوه اصفهانی نیز هم‌راستا است؛ جایی که ظرافت در تناسبات هندسی و هماهنگی میان سازه و تزئینات، حس تعادل و شفافیت سازه‌ای را تقویت می‌کند. در مقابل، شیوه رازی با تأکید بر استحکام و صلابت، کمتر به نمایش شفاف سازه در فرم نما می‌پردازد، که این امر در یافته‌های آماری نیز بازتاب یافته‌است. علاوه بر این، وزن هر شاخص (شیوه معماری) در تأثیر آن بر شفافیت مقاومت سازه نما نیز در مدل مفهومی پژوهش مشخص شد (شکل 8). این وزن‌ها نشان‌دهنده سهم هر شیوه در بازتاب ارزش‌های فضایی و سازه‌ای معماری ایرانی است. درواقع، می‌توان گفت هر شیوه با زبان هندسی خاص خود، نوعی بیان معماری از نیرو و فرم را بازنمایی می‌کند.

درمجموع، یافته‌ها نشان دادند که رابطه‌ی میان فرم هندسی نما و شفافیت سازه‌ای نه تنها یک پیوند فنی، بلکه مفهومی و زیبایی‌شناختی است. هرچه هماهنگی میان ساختار و فرم بیشتر باشد، مخاطب حس سازه‌ای و تعادل بصری بیشتری تجربه می‌کند؛ مفاهیمی که در هویت معماری ایرانی-اسلامی جایگاه بنیادین دارند.

در گام سوم این پژوهش، محاسبه آنتروپی هر شاخص به عنوان یک ابزار تحلیلی مورد توجه قرار می‌گیرد. آنتروپی، به عنوان یک مفهوم در نظریه اطلاعات، به ما این امکان را می‌دهد که به طور کمی و کیفی به بررسی عدم قطعیت و تنوع در داده‌ها بپردازیم. در اینجا آنتروپی نه تنها به عنوان ابزار آماری، بلکه به صورت استعاری نیز بازتابی از میزان تنوع، نظم و تعادل در فرم‌های معماری تلقی می‌شود؛ به این معنا که هرچه آنتروپی کمتر باشد، هماهنگی میان فرم و سازه بیشتر و درک مخاطب از انسجام بصری نما شفاف‌تر خواهد بود. در اینجا، آنتروپی E_j به عنوان معیاری برای سنجش میزان تنوع و توزیع نظرات متخصصان در مورد هر شاخص محاسبه می‌شود. آنتروپی E_j به صورت زیر محاسبه می‌گردد. R_{ij} نرمال شده هر درایه می‌باشد. m تعداد متخصصان می‌باشد که در این پژوهش تعداد متخصصان ۳۰ نفر در نظر گرفته شده است.

رابطه (۲):

$$E_j = -h \sum_{j=1}^m R_{ij} \times \ln R_{ij} \quad (2)$$

h به عنوان مقدار ثابت مقدار E_j را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد. مقدار h از طریق رابطه ۳ به دست می‌آید. $\ln$ در این رابطه، لگاریتم عددی (Natural Logarithm) است که در عملیات ریاضی به صورت مخفف ($\ln$) نمایش داده می‌شود. این عدد تقریباً برابر با ۲/۷۱۸۲۸ است.

رابطه (۳):

$$h = \frac{1}{\ln(m)} = \frac{1}{\ln(30)} = 0.294014104 \quad (3)$$

سپس w_j که وزن هر شاخص می‌باشد را می‌توان از طریق رابطه (۴) به دست آورد. n تعداد شاخص‌ها می‌باشد که در این پژوهش تعداد شاخص‌ها ۴ در نظر گرفته شده است.

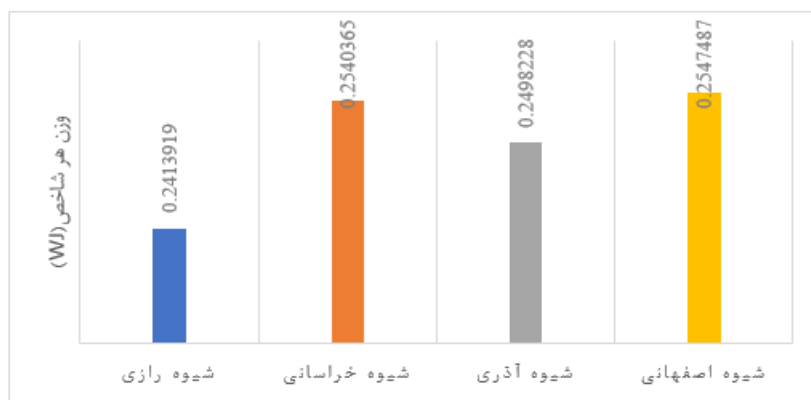
رابطه (۴):

$$w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (4) \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

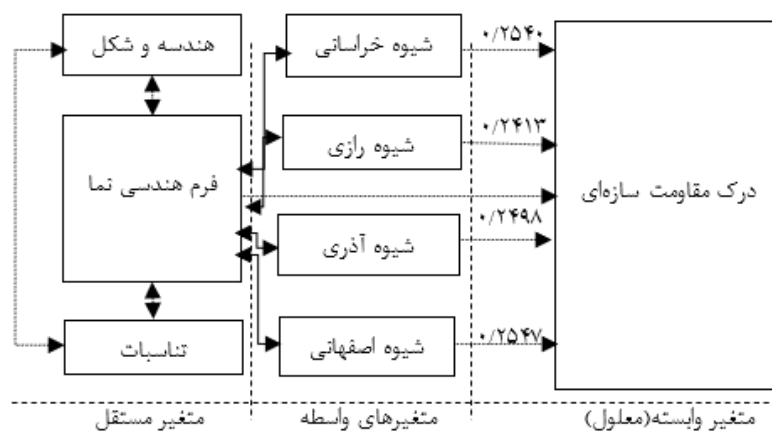
پس از جمع‌آوری داده‌ها، فرآیند تحلیل به منظور تعیین میزان توافق متخصصان با هر یک از شاخص‌ها آغاز

جدول ۷. وزن هر درایه برحسب آنتروپی شانون

ردیف	شاخص	جمع نمره	$\sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}$	e_j	$D_j=1-e_j$	w_j
۱	شیوه رازی	۱۲۳	-2/22505321	0/654197	0/345803	0/2413919
۲	شیوه خراسانی	۳۶	-2/16344407	0/6360831	0/3639169	0/2540365
۳	شیوه آذری	۷۴	-2/18397477	0/6421194	0/3578806	0/2498228
۴	شیوه اصفهانی	۵۱	-2/15997401	0/6350628	0/3649372	0/2547487
1/4325377						



شکل ۷. نمودار میله ای وزن دهی هر شیوه از شیوه‌های معماری بعد از اسلام بر اساس تکنیک شانون



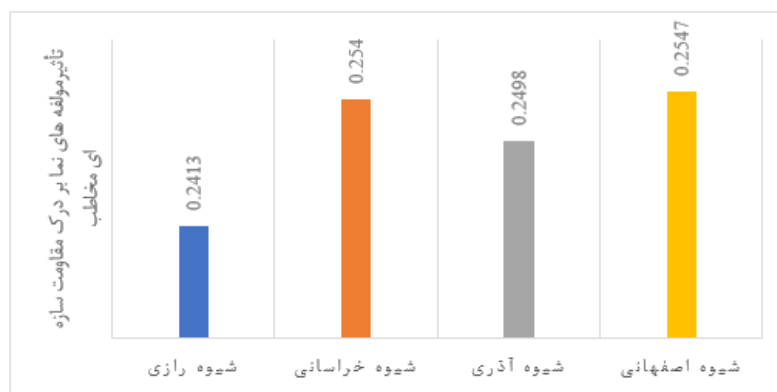
شکل ۸. میزان تأثیر مؤلفه های شیوه‌های معماری بعد از اسلام با مقاومت سازه‌ای

ارائه می‌دهد. این ویژگی سبب می‌شود مخاطب در مقایسه با سایر شیوه‌ها، ارتباط کمتری با بیان سازه‌ای نما برقرار کند. بر این اساس، در نتایج پژوهش حاضر، بیشترین میزان درک مقاومت سازه‌ای به‌ترتیب در شیوه اصفهانی، شیوه خراسانی، شیوه آذری و شیوه رازی مشاهده شده است (شکل ۹).

بحث و نتیجه‌گیری

تناسبات هندسی و فرم‌های به‌کاررفته در نماهای معماری نه‌تنها بر احساسات و واکنش‌های مخاطب تأثیرگذار است، بلکه به‌عنوان زبان بصری بناها، درک عمیق‌تری از مفهوم مقاومت سازه‌ای را در ذهن بیننده شکل داده است. درواقع، فرم هندسی نما همچون بیانی صامت اما قدرتمند از درون-مایه‌ی سازه، رابطه میان ساختار و ادراک را بازنمایی می‌کند؛ رابطه‌ای که در معماری سنتی ایران به‌صورت درهم‌تنیده میان زیبایی و عملکرد بروز می‌یابد. این پرسش که آیا فرم هندسی نما به‌عنوان عاملی تأثیرگذار در فهم مخاطب از استحکام و پایداری بنا تأثیرگذار است، به‌نوعی به جستجوی حقیقت در رابطه بین فرم و عملکرد در معماری پرداخته است. این مسئله، ریشه در نظریه‌های کلاسیک معماری دارد که همواره میان "فرم به‌مثابه معنا" و "سازه به‌مثابه حقیقت" پیوندی بنیادین قائل بوده‌اند. برای پاسخ به این سؤال، از روش تحقیق توصیفی به شیوه پیمایشی بهره گرفته شد.

در نمودار ۹، میزان تأثیر فرم‌های هندسی در نماهای معماری پس از اسلام بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب نشان داده شده است (شکل ۹). براساس این نمودار، شیوه اصفهانی به‌عنوان تجلی توازن و تقارن در طراحی‌های معماری، به‌ویژه در پلان‌های چهارایوانی، بیشترین شفافیت و وضوح را در نمایش مقاومت سازه‌ای ارائه می‌دهد. این ویژگی‌ها موجب درک عمیق‌تری از پایداری و استحکام در ذهن مخاطب شده و احساس اعتماد و ایمنی را تقویت می‌کند. شیوه خراسانی نیز با سادگی، عملکردگرایی و استفاده از فرم‌های هندسی منظم و مصالح بومی، نوعی صداقت سازه‌ای را به تصویر می‌کشد. سادگی در این شیوه نه به معنای فقدان زیبایی، بلکه نشانه‌ای از کارایی و استحکام ذاتی سازه است. این وضوح در بیان ساختار، موجب می‌شود مخاطب مقاومت و پایداری بنا را به‌طور مستقیم و قابل‌درک احساس کند. در شیوه آذری، با وجود تأکید بر ابعاد عظیم و مقیاس‌های بزرگ بناها، درک مقاومت سازه‌ای بیشتر از طریق القای عظمت و شکوه صورت می‌گیرد. این شیوه حس قدرت و ایستایی را در ذهن مخاطب برمی‌انگیزد، هرچند پیچیدگی‌های فضایی گاه می‌تواند از شفافیت سازه‌ای بکاهد. در مقابل، شیوه رازی با وجود استفاده از آجرکاری‌های دقیق و سفت‌کاری‌های منظم، به دلیل بهره‌گیری کمتر از فرم‌های پیچیده هندسی و تزئینات سازه‌نما، شفافیت کمتری در انتقال مفهوم مقاومت سازه‌ای



شکل ۹. نمودار میله ای تأثیر مولفه‌های نماهای معماری بعد از اسلام بر درک مقاومت سازه‌ای مخاطب بر اساس تکنیک شانون

تحقیق به بررسی و تحلیل این ابعاد پرداخت و به درک عمیق‌تری از رابطه بین فرم، عملکرد و درک مخاطب از مقاومت سازه‌ای بناها کمک کرد. یافته‌ها نشان داد که مخاطبان به‌طور ناخودآگاه میان نظم هندسی، تقارن و ادراک پایداری نوعی همبستگی برقرار می‌کنند؛ به‌گونه‌ای که فرم-های متقارن و ساختارمند بیش از فرم‌های آزاد و ساده، حس استحکام و اعتماد را القا می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که شیوه معماری "اصفهانی"، بیشترین تأثیر را بر درک مخاطب از مقاومت سازه‌ای نما دارد. بعدازآن به ترتیب شیوه معماری "خراسانی" و "آذری" و کمترین تأثیر از "رازی" ناشی می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که در معماری ایران، پیوند میان هندسه و سازه صرفاً رابطه‌ای فیزیکی نیست، بلکه مفهومی و معنایی است؛ جایی که شکل، نمادی از استحکام، و تناسب، زبان بیان پایداری است.

این نتایج نشان می‌دهد که رابطه میان هندسه و سازه در معماری ایران، تنها محدود به بُعد فیزیکی یا مهندسی نیست، بلکه واجد جنبه‌های معنایی و ادراکی است؛ به‌گونه‌ای که شکل و تناسبات به نمادی از استحکام و پایداری تبدیل می‌شوند. به بیان دیگر، ادراک مخاطب از پایداری بنا از طریق نشانه‌های بصری منتقل می‌شود و نما به‌مثابه رسانه‌ای عمل می‌کند که می‌تواند خوانایی یا عدم خوانایی سازه را تقویت یا تضعیف کند. از منظر کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند برای طراحان و معماران معاصر ارزشمند باشد؛ زیرا نشان می‌دهد که بازآفرینی اصول هندسی معماری سنتی ایران از جمله تقارن، تکرار، تناسبات ریاضی، و برجسته‌سازی عناصر سازه‌ای می‌تواند در افزایش حس اعتماد و اطمینان کاربران مؤثر باشد. در دوره‌ای که نماهای معاصر گاه دچار اغتشاش بصری یا گسست میان فرم و سازه می‌شوند، این یافته‌ها ضرورت بازاندیشی در نقش هندسه را برای ارتقای کیفیت ادراک سازه‌ای گوشزد می‌کند. از نظر نظری، این پژوهش بر اهمیت «خوانایی سازه‌ای» به‌عنوان مؤلفه‌ای ادراکی تأکید

مصاحبه با سی متخصص معماری و شهرسازی، در خصوص بناهای ۴ شیوه معماری ایران بعد از اسلام انجام شد. این تحقیق به بررسی شیوه‌های معماری بعد از اسلام و نمونه‌های برجسته از هر دوره پرداخت و ویژگی‌های هندسی و سازه‌ای آن‌ها را از طریق پرسشنامه تحلیل کرد. در انتخاب نمونه‌ها، توجه ویژه‌ای به میزان خوانایی ساختار سازه‌ای در فرم نما و نحوه‌ی انتقال حس پایداری در ادراک بصری مخاطب معطوف شد. در این راستا، شیوه اصفهانی به‌عنوان تجلی طراحی‌های متقارن و پلان‌های چهارایوانی، شفافیت و وضوحی در نمایش مقاومت سازه‌ای را به تصویر کشیده است که به درک عمیق‌تری از پایداری و استحکام منجر شد. این شیوه با هماهنگی میان نظم هندسی و تزئینات دقیق، نوعی گفت‌وگو میان سازه و زیبایی ایجاد می‌کند که حس اعتماد و اطمینان را در مخاطب برمی‌انگیزد. شیوه آذری نیز با ابعاد عظیم بناها، قدرت و استحکام را به‌گونه‌ای نمایان ساخته است که مخاطب را به تأمل در مفهوم عظمت و پایداری دعوت کرده است. در این شیوه، مقیاس بزرگ و تناسبات کشیده، بیانی از اقتدار سازه‌ای است که ذهن بیننده را باهیبیتی از توان و مقاومت روبه‌رو می‌سازد.

از سوی دیگر، شیوه رازی، باوجود استفاده از آجرکاری و سفت‌کاری، به دلیل کمبود فرم‌های پیچیده هندسی و تزئینات کمتر، ممکن است شفافیت کمتری در درک مقاومت سازه‌ای ارائه دهد. بااین‌حال، سادگی و صداقت متریا ل در این شیوه می‌تواند نوعی بیان فروتنانه از استحکام را نمایان سازد؛ زبانی که بیشتر بر جوهره‌ی ماده تأکید دارد تا بر جلوه بصری آن. شیوه خراسانی نیز با سادگی، عملکردگرایی و استفاده از فرم‌های هندسی منظم و مصالح بومی، نوعی صداقت سازه‌ای را به تصویر می‌کشد. سادگی در این شیوه نه به معنای فقدان زیبایی، بلکه نشانه‌ای از کارایی و استحکام ذاتی سازه است. این وضوح در بیان ساختار، موجب می‌شود مخاطب مقاومت و پایداری بنا را به‌طور مستقیم و قابل‌درک احساس کند. این

می‌کند و نشان می‌دهد که مطالعه ادراک مخاطب می‌تواند چارچوبی برای طراحی نماهای پایدار، قابل فهم و سازه‌محور فراهم آورد. همچنین، نتایج تأیید می‌کند که میان مفهوم معنا در معماری و نحوه ادراک سازه‌ای بنا رابطه‌ای دوسویه برقرار است؛ رابطه‌ای که می‌توان در طراحی‌های آینده برای تقویت هویت بصری و سازه‌ای بهره برد. درمجموع این پژوهش نشان

می‌دهد که ادراک پایداری بنا، تنها حاصل شناخت مهندسی نیست؛ بلکه بر بستری از نشانه‌های بصری، تناسبات و الگوهای هندسی شکل می‌گیرد. همچنین نتایج می‌تواند راهنمایی برای طراحان معاصر باشد تا در طراحی نما، از ظرفیت هندسه برای انتقال حس اطمینان، پایداری و خوانایی سازه بهره ببرند.

تشکر و قدردانی: نویسندگان مراتب قدردانی صمیمانه خود را از راهنمایی‌های دکتر مجتبی انصاری (نویسنده مسئول) ابراز می‌دارند.
تأییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
سهام نویسندگان در مقاله: (مسئول مکاتبات)، روش‌شناس، پژوهشگر اصلی (۵۰٪)؛ (نویسنده اول)، نویسنده مقدمه، پژوهشگر اصلی. نویسنده بحث (۵۰٪).
منابع مالی / حمایتها: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

References

- Hosseini H, Labibzadeh R. Improving the Design Principles of Smart Facades in Office Buildings Using the Internet of Things Method. *Rahpooye Memari-o Shahr-sazi*. 2023; 2(3):81-94. Available at: <http://doi.org/10.22034/RAU.2023.2008909.1052>
- Ranjazmay Azari M, Bemanian M, Mahdavejad M, Körner A, Knippers J. Application-based principles of islamic geometric patterns; state-of-the-art, and future trends in computer science. *Heritage Science*. 2023;11(1):1-35. Available at: <http://doi.org/10.1186/s40494-022-00852-w>
- Ibrahim I, Al Shomely K, Eltarabishi F. Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Contemporary Designs, a Systematic Analysis. *Buildings*. 2023;13(10):2434. Available at: <http://doi.org/10.3390/buildings13102434>
- Korur Z, Erbaş K. Breaking Complexity: Kaleidoscopic Tools for Islamic Geometric Pattern Design. *Nexus Network Journal*. 2025;1-20. Available at: <http://doi.org/10.1007/s00004-025-00814-2>
- Lee J, Ostwald M. The 'visual attractiveness' of architectural facades: measuring visual complexity and attractive strength in architecture. *Architectural Science Review*. 2023;66(1):42-52. Available at: <https://doi.org/10.1080/00038628.2022.2137458>
- Hosseini H, Labibzadeh R. Analysing the architecture of Rasoulia House in Yazd with its geometric design in terms of Islamic art wisdom. *Third International Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Planning, Environment and Horizons of Islamic Art in the Declaration of the Second Step of the Revolution*. 2023;1-21. [Persian]
- Zandieh M, Ronagh E. The use of the Holy Quran tunes in the production of geometrical decoration for Iranian architecture based on the parametric architecture. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2025;9(4):273-86. Available at: <http://doi.org/10.1001.1.23224991.1398.9.4.7.2>
- Ilgaz E, Bittermann M, Özkan D. On the Regularity of Opening Patterns in Building Facades. *Nexus Netw J*. 2025;(2):373-89. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.1007/s00004-025-00815-1>
- Cucuzzella C, Rahimi N, Soulikias A. The evolution of the architectural façade since 1950: a contemporary categorization. *Architecture*. 2022;3(1):1-32. Available at: <https://doi.org/10.3390/architecture3010001>
- Beder D, Pelowski M, Imamoğlu Ç. Influence of complexity and Gestalt principles on aesthetic preferences for building façades: An eye tracking study. *Journal of Eye Movement Research*. 2024;17(2):10-16910. Available at: <http://doi.org/10.16910/jemr.17.2.4>
- Kashani S, Pazhouhanfar M. Correction: Role of physical attributes of preferred building facades on perceived visual complexity: a discrete choice experiment. *Environment, Development and*

- Sustainability. 2024;26(5):13535–13535. Available at: <http://doi.org/10.1007/s10668-023-03096-1>
12. Balik D, Allmer A. A critical review of ornament in contemporary architectural theory and practice. *ITU Journal of the Faculty of Architecture*. 2025;13(1). Available at: <http://doi.org/10.5505/ituifa.2016.73745>
 13. Azadi F, Ansari M. Utilization of the enclosed pattern in the Iranian garden (Tejir) for increasing safety and security in urban park. *The 13th National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering and Environment*. 2021; 13:1-14. [Persian]
 14. Pourjafar M, Amini M, Varzaneh E, Mahdavejad M. Role of bazaars as a unifying factor in traditional cities of Iran: The Isfahan bazaar. *Frontiers of Architectural research*. 2014;3(1):10–9. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.foar.2013.11.001>
 15. Pourbagher S. Designerly Approach to Highperformance Architecture: Interaction of Context and Emerging Technologies. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2025;13(4):123–46. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.1001.1.23224991.1402.13.4.6.9>
 16. Wang F, Munakata J. Assessing effects of facade characteristics and visual elements on perceived oppressiveness in high-rise window views via virtual reality. *Building and Environment*. 2024; 266:112043. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112043>
 17. Agirbas A, Yildiz G, Sahin M. Interrelation between grid systems and star polygons of muqarnas ground projection plans. *Heritage Science*. 2025;10(1). Available at: <http://doi.org/10.1186/s40494-022-00647-z>
 18. Marcon S, Ferro P, Berto F, Bertolin C, Gao C. Numerical Investigation on the Compressive Behaviors of Islamic Geometric Patterns Inspired Architected Material. *Macromolecular Symposia*. 2024; 13(3):2300195. Available at: <http://doi.org/10.1002/masy.202300195>
 19. Giaccone D, Fanelli P, Santamaria U. Influence of the geometric model on the structural analysis of architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*. 2020; 43:144–52. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.culher.2019.12.001>
 20. Goudarzi M, Bemanian M, Leylian M. Geometrical analysis of architectural drawings in the Shah-mosque Isfahan. *Curved and Layered Structures*. 2020;7(1):68–79. Available at: <http://doi.org/10.1515/cls-2020-0007>
 21. Ranj A, Ansari M. Comparative Study of Facade Ornament, a Factor in Under-standing of Scale, Function and Structural Expression (Case Study: Modern and Postmodern Era). *City identity*. 2025;15(46):33-44.
 22. Javidnia G, Bemanian M, Mahdavejad M. The effect of plan and twisted architectural form geometry on non-structural components damage in tall buildings against earthquake. *Environment Hazards Management*. 2022;9(1):69-87. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2022.341229.722>
 23. Azzam Z, AL-Moqaram A. Investigating the influence of morphological complexity on visual memory precision in university buildings facades. *AIP Conf. Proc*; 2025;3211(1):080004. Available at: <http://doi.org/10.1063/5.0257426>
 24. Liang X, Chang J, Gao S, Zhao T, Biljecki F. Evaluating human perception of building exteriors using street view imagery. *Building and Environment*. 2024; 263:111875. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111875>

25. Wang C, Ding H, Gath-Morad M. A systematic review: Affective perception on urban facades. arXiv preprint. 2025; 1-23. Available at: <http://doi.org/10.48550/arXiv.2509.22599>
26. Okhovat H, Amirkhani A, Pourjafar M. Investigating the psychological effects of sustainable buildings on human life. *Journal of Sustainable Development*. 2009;2(3):57-63.
27. Abedini H, Ayvazian S, Diba D. Interpreting the Semantic System in the Public Spaces of Ekbatan Residential Complex, Tehran, Based on the Lived Experiences of Its Residents. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2025;15(3):1-22. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.48311/bsnt.2025.1024>
28. Medghalchi L, Ansari M, Bemanian M, Pourjafar M. Spatial continuity in contemporary Iranian architecture. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2016;6(2):48-59. [Persian]. Available at: <http://doi.org/20.1001.1.23224991.1395.6.2.5.5>
29. Prieto A, Oldenhave M. What makes a façade beautiful? Architects' perspectives on the main aspects that inform aesthetic preferences in façade design. *Journal of Facade Design and Engineering*. 2021;9(2):21-46. Available at: <http://doi.org/10.7480/jfde.2021.2.5540>.
30. Hosseinian H, Labibzadeh R. An architectural analysis of the Zinata-ol-Molk House in Shiraz based on the definition of man from the perspective of Islamic wisdom and art. *Third International Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Development, Environment and Horizons of Islamic Art in the Second Step Statement of the Revolution*. Tabriz Islamic Art University; 2023. 1-15. [Persian]
31. Yazdi-Bahri S, Alier Forment M, Sanchez Riera A, Askarizad R. Assessing the impact of double-skin façades on social activities of people in urban spaces using empirical and syntactical analysis. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2024;23(2):813-28. Available at: <http://doi.org/10.1080/13467581.2023.2238042>
32. Malewczyk M, Taraszkiewicz A, Czyż P. Visual Perception of Regularity and the Composition Pattern Type of the Facade. *Buildings*. 2024;14(5):1389. Available at: <http://doi.org/10.3390/buildings14051389>
33. Dincer S. Geometric decomposition and analysis of Konya Sahip Ata Mosque portal muqarnas. *Heritage Science*. 2025;12(1). Available at: <http://doi.org/10.1186/s40494-024-01530-9>
34. Ghomeishi M. Aesthetic preferences of laypersons and its relationship with the conceptual properties on building façade design. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2021;20(1):12-28. Available at: <http://doi.org/10.1080/13467581.2020.1782209>
35. Shamshiri F, Ghasemi Sichani M. Re-Reading the Arithmetic and Geometric Features of the Inner Courtyard Facades of Historical Houses Attributed to The Last 4 Centuries of The Introverted City of Isfahan. *Culture of Islamic Architecture and Urbanism Journal*. 2021;6(2):17-31. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.52547/ciauj.6.2.17>
36. Nogrehkar A. A reading of Islamic wisdom in art and architecture. Tehran: Ketab Fekr No. 2016;4: 1-452. [Persian]
37. Ansari M, Pourjafar M, Sadeqi A, Haghighatbin M. Recognition of visual system schemes in urban fabric of worn-out texture; case study: Abbasi district, Tehran. *Nameh Ma'mari va Shahr-Sazi*. 2009: 71-91.

38. [Persian]. Available at: <http://doi.org/10.30480/aup.2009.209>
39. Memariyan G, Pirnia M. Stylistics of Iranian architecture. Tehran :Goljam . 2021;4: 1-388. [Persian]