



Analysis the Golden Ratios in the Formation of Semi-Open Spaces in Safavid-Era Schools of Isfahan

Nazanin Malmir

Master's Student, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Shahid Ashrafi Esfahani University, Isfahan, Iran.

Sahar Khorasani

Master's Student, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Shahid Ashrafi Esfahani University, Isfahan, Iran.

Mehran Karahmadi*

Assistant Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Shahid Ashrafi Esfahani University, Isfahan, Iran.

Meysam Habibian

Master's Student, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Shahid Ashrafi Esfahani University, Isfahan, Iran.

Received: 2024/11/18

Accepted: 2025/03/10

Abstract

The architecture of the Safavid era in Iran, particularly in Isfahan, is renowned for its use of complex geometric patterns and golden ratios, which create harmony and balance in architectural design. Semi-open spaces in the schools of this period, serving as transitional zones between open and enclosed spaces, play a crucial role in establishing both visual and functional connections.

This study aims to analyze the application of golden ratios and geometric proportions in the semi-open spaces of Safavid-era schools. The primary research question focuses on how golden ratios and geometric proportions are utilized in these spaces and which proportions are more prominent in the design of these schools. The research methodology combines both quantitative and qualitative analyses, involving the extraction of floor plans from selected schools, along with precise measurements and analysis of the geometric proportions of the iwans and smaller iwans.

The findings indicate that the semi-open spaces of Safavid schools are predominantly designed based on specific geometric ratios, such as the intersection of regular hexagons, $\sqrt{2}$ and $\sqrt{3}$ proportions, and the golden rectangle. Only in the iwan of the "Jadeh-ye-Koochak" school, due to its unique spatial and functional characteristics, these proportions are not observed, highlighting the impact of space functionality on the choice of geometric principles. This space follows a 1:0.9 proportion. The results demonstrate that geometric proportions not only played a significant role in achieving visual and functional balance, but also effectively facilitated the connection between open and enclosed spaces in the design of these schools. These findings may serve as a model for the design of semi-open spaces in contemporary architecture and contribute to the revival of cultural heritage and the use of geometric principles in modern architectural practice.

Keywords:

Golden Ratios,
Semi-Open Spaces,
Safavid-Era Schools

© 2025 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license .

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Citation: Malmir N, Khorasani S, Karahmadi M, Habibian M. (2025). Analysis the Golden Ratios in the Formation of Semi-Open Spaces in Safavid-Era Schools of Isfahan. *Journal of Researches in Islamic Architecture*, 13 (2): 127-140.

[10.61186/jria.13.2.7](https://doi.org/10.61186/jria.13.2.7)

* *Corresponding Author:* m.karahmadi@gmail.com



واکاوی تناسبات طلایی در شکل‌گیری فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه اصفهان

نازنین مال میر

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران.

سحر خراسانی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران.

مهران کاراحمدی*

استادیار، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران.

میثم حبیبیان

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

چکیده

معماری دوره صفویه در ایران، به‌ویژه در اصفهان، با استفاده از الگوهای هندسی پیچیده و تناسبات طلایی، هارمونی و تعادل را در طراحی فضاهای معماری ایجاد کرده است. فضاهای نیمه‌باز در مدارس این دوره، به‌عنوان بخش‌های انتقالی میان فضاهای باز و بسته، نقش مؤثری در ایجاد ارتباط بصری و عملکردی ایفا می‌کنند. هدف این پژوهش، تحلیل نحوه استفاده از تناسبات طلایی و هندسی در فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه است. در این راستا، پرسش اصلی تحقیق بررسی نحوه به‌کارگیری تناسبات طلایی و هندسی در این فضاها و شناسایی تناسبات برجسته‌تر در طراحی این مدارس است. روش تحقیق ترکیبی از تحلیل کمی و کیفی است که در آن پلان‌های مدارس منتخب استخراج و ابعاد و تناسبات هندسی ایوان‌ها و ایوانچه‌ها به‌طور دقیق اندازه‌گیری و تحلیل شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که فضاهای نیمه‌باز مدارس صفویه عمدتاً بر اساس نسبت‌های هندسی خاصی مانند تقاطع شش ضلعی منتظم، تناسبات $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$ و مستطیل طلایی طراحی شده‌اند. تنها در ایوان مدرسه‌ی جده‌ی کوچک، به دلیل ویژگی‌های خاص فضایی و عملکردی، این تناسبات رعایت نشده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر عملکرد فضا بر انتخاب اصول هندسی است. این فضا از تناسب $1:0.9$ پیروی می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که تناسبات هندسی نه تنها نقش مؤثری در ایجاد تعادل بصری و عملکردی ایفا کرده‌اند، بلکه به‌طور مؤثر ارتباط میان فضای باز و بسته را در طراحی مدارس برقرار کرده‌اند. این نتایج می‌تواند به‌عنوان الگویی برای طراحی فضاهای نیمه‌باز در معماری معاصر مورد استفاده قرار گیرد و به احیای میراث فرهنگی و استفاده از اصول هندسی در معماری معاصر کمک کند.

واژگان کلیدی: تناسبات طلایی، فضاهای نیمه‌باز، مدارس دوره صفویه.

ارجاع به مقاله: مال میر، نازنین؛ خراسانی، سحر؛ کاراحمدی، مهران؛ حبیبیان، میثم. (۱۴۰۴). واکاوی تناسبات طلایی در شکل‌گیری فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه

اصفهان، پژوهش‌های معماری اسلامی، ۱۳ (۲): ۱۳۷-۱۴۰.

doi: 10.61186/jria.13.2.7

* m.karahmadi@gmail.com

۱. مقدمه

معماری اسلامی ایران در دوره صفویه یکی از برجسته‌ترین دوره‌های معماری تاریخی ایران است که در آن، اصول زیباشناسی و هندسی به‌صورت هوشمندانه‌ای با کارکردهای عملی و فرهنگی تلفیق شده‌اند (رجایی ۱۳۹۳، ۲۴۷). مدارس این دوره، به ویژه در شهر اصفهان، نمونه‌هایی بارز از تلفیق هنر و علم هستند که از طریق بهره‌گیری از الگوهای هندسی پیچیده و تناسبات طلایی، به ایجاد هارمونی و تعادل در فضاهای معماری پرداخته‌اند. تناسبات طلایی که در طبیعت و قوانین ریاضیاتی جهان مشهود است. از این رو دانشمندانی چون افلاطون، اقلیدس، کپلر، ارسطو، و... نسبت‌های طلایی و تقریبی از آنها را نسبت‌های حاصل از دنباله فیبوناچی از مهمترین قوانین و اصول هندسی و تناسباتی برگرفته از طبیعت می‌دانند. علاوه بر این نسبت‌های حاصل از تناسبات ایرانی که توسط پیرنیا، بوزجانی، و... بر اساس قاعده‌مندی نظام گیتی و در تعادل و تناسب با طبیعت است، بارها مورد تأکید قرار گرفته‌اند (پوراحمدی و دیگران ۱۳۹۰، ۷۰). فضاهای نیمه‌باز در مدارس دوره صفویه، به‌عنوان بخش‌هایی انتقالی میان فضاهای باز و بسته، نقشی مهم در ایجاد ارتباط بصری و عملکردی ایفا می‌کنند. این فضاها با بهره‌گیری از اصول هندسی و تناسبات طلایی، بستری برای تعامل بین انسان، معماری و طبیعت فراهم آورده‌اند. هندسه در معماری سنتی همواره نقشی چندجانبه و بنیادین داشته و اهمیت و ضرورت آن در شکل‌دهی به فضاهای معماری انکارناپذیر است. با این حال، امروزه توجه کمتری به تناسبات و روابط عددی در هندسه فضاها می‌شود، در حالی که این اصول، از مهم‌ترین راهکارهای قابل‌احیا برای دستیابی به زیبایی محسوب می‌شوند. تا با خلاصه کردن، دگرگون کردن و وفق دادن با نیازهای امروز به کار گرفته شوند و تداوم و پیوستگی معماری مطلوب را در پی داشته باشد. علاوه بر این، بررسی هندسه پایه در بناهای تاریخی اصول به‌کاررفته در فضاهای اصلی، نحوه ارتباط فضاها با یکدیگر، محل قرارگیری هریک از عناصر معماری و ارتباط زیبایی و استحکام را در ساخت این بناها مشخص می‌کند تا این عملکردها در مرمت بناهای تاریخی نیز به کار رود در واقع ساختارهای طبیعت آزمایش‌های زیادی را طی کرده‌اند و به شکل‌ها و ترکیب‌های پایدار و مستحکم‌تری در طول میلیون‌ها سال رسیده‌اند (مهدی‌نژاد و دیگران ۱۳۹۱، ۶۵). با وجود پژوهش‌های انجام‌شده درباره معماری دوره صفویه، هنوز نیاز به مطالعه دقیق‌تر در خصوص کاربرد الگوهای هندسی و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه‌باز مدارس این دوره احساس می‌شود. این پژوهش‌ها می‌توانند کمک کنند

تا فهم عمیق‌تری از روابط میان هنر، ریاضیات، و معنا در این معماری حاصل شود. از سوی دیگر، شناخت بهتر این اصول می‌تواند الهام‌بخش طراحی‌های معاصر باشد و راهی برای حفظ و احیای این میراث فرهنگی گران‌بها فراهم آورد. بنابراین، این پژوهش با هدف واکاوی و تحلیل الگوهای هندسی و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه‌باز معماری مدارس دوره صفویه اصفهان انجام می‌شود تا ضمن شناسایی فضاهای نیمه‌باز مدارس و این الگوها، آن تناسباتی که پرکاربردترند در شکل‌گیری فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه، مشخص شوند. پرسش اصلی این است که تناسبات طلایی چگونه در طراحی و ابعادبندی فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه به کار رفته است؟ فضاهای نیمه‌باز مدارس صفویه اصفهان کدامند؟ و از کدام یک از انواع تناسبات هندسی در طراحی فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه به شکلی برجسته‌تر بهره گرفته شده است؟

۲. پیشینه پژوهش

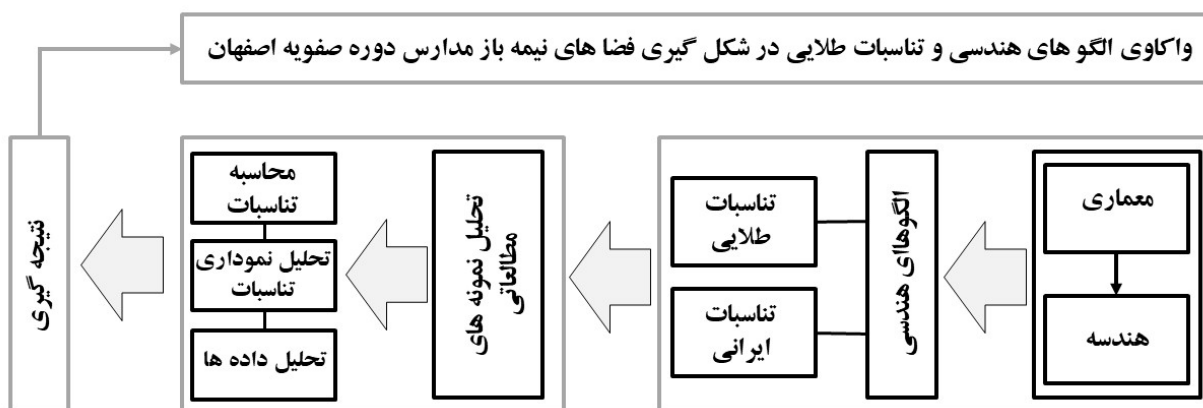
در کتاب کاراحمدی (۱۴۰۲) تحت عنوان تکامل تدریجی و شکل‌گیری فضاهای اصلی مدارس در راستای معماری پایدار در گذر زمان، ضمن شناخت فضاها و عناصر تشکیل‌دهنده هر یک از مدارس اصفهان از قرون اولیه پس از اسلام تا اواسط دوره قاجار به صورت سه‌بعدی، روند شکل‌گیری آنها را مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت. حاتمی نصار و دیگران (۱۴۰۲) در پژوهش کارکرد هندسه، در زیرساخت معماری و نقوش گنبد مسجد امام و مسجد مدرسه چهارباغ به به این نتایج دست یافتند که در طراحی گنبد هر دو بنا نسبت طلایی، تقارن و تناسب به‌کار رفته است. در ساختارهای اصلی این دو بنا به شکل گسترده از هندسه استفاده شده است؛ از سوی دیگر نقوش هندسی یکی از اصلی‌ترین نقوش در تزئینات گنبد‌های این دو بنا است. حیاتی و نوری (۱۴۰۲) به مقایسه تطبیقی تناسبات ایوان در مساجد دوره صفویه اصفهان پرداختند و مشخص شد که در بین نمونه‌های موردی منتخب تناسبات غالباً یکسانی میان ایوان‌ها مشاهده می‌شود و در نمای تمام آنها از تناسبات ایرانی مشتق از شش‌ضلعی منتظم برگرفته شده است. جوادی نوده و دیگران در (۱۴۰۱) به بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته از طبیعت در اجزای کالبدی خانه‌های تاریخی اردبیل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که معماری خانه‌ها از لحاظ صوری اغلب در تعامل با طبیعتند. در پژوهش فرشچی و مجیدی (۱۴۰۰) به بررسی نظام معماری و تناسبات هندسی حیاط مرکزی و جداره‌های آن در خانه‌های تاریخی کاشان به این نتیجه رسیدند که استفاده از پیمون و هندسه در طراحی ساختمان‌ها از گذشته در معماری ایران

نمونه‌های موردی مختلف از مدارس شاخص دوره صفویه در اصفهان، به شناسایی تناسب موجود در فضاهای نیمه‌باز این دوره پرداخته است.

۳. روش تحقیق

در این پژوهش، برای تحلیل الگوهای هندسی و تناسبات طلایی در معماری مدارس دوره صفویه اصفهان، ابتدا مدارس شاخص این دوره در شهر اصفهان که مدارک آن‌ها موجود بوده است، به‌عنوان نمونه‌های موردی انتخاب شدند. این مدارس شامل ملاعبدالله، جده بزرگ، جده کوچک، نوریه، میرزا حسین، کاسه‌گران، نیم‌آورد، چهارباغ، و جلالیه به‌دلیل اهمیت تاریخی و معماری برجسته‌ای که دارند، برای بررسی دقیق‌تر انتخاب گردیدند. پس از انتخاب این مدارس، پلان‌های معماری آن‌ها از منابع معتبر استخراج شد که شامل ابعاد و ارتفاع فضاهای مختلف، مانند ایوان‌ها و ایوانچه‌ها بودند. در گام بعدی، این پلان‌ها وارد نرم‌افزار اتوکد شدند تا ابعاد و تناسبات هندسی آن‌ها به‌طور دقیق اندازه‌گیری شود. سپس، تناسبات هندسی مختلف مانند نسبت‌های ارتفاع به عرض و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه‌باز محاسبه و تحلیل گردید. در نهایت، نتایج مقایسه‌ای در قالب نمودارهایی ارائه شد. روش تحقیق این پژوهش از نوع ترکیبی (آمیخته) است که شامل تحلیل‌های کمی برای اندازه‌گیری دقیق ابعاد و تناسبات هندسی و کیفی برای انتخاب مدارس و تحلیل داده‌ها است.

رواج داشته است. نجفقلی‌پور کلاتنری و دیگران (۱۳۹۵) در نتایج حاصل از پژوهش بررسی هندسه و تناسبات طلایی در معماری ایران، به این نتیجه رسیدند که هندسه و تناسباتی که در بسیاری از اشکال حیات در طبیعت یافت می‌شوند، به طرز استادانه‌ای توسط معماران سنتی ایرانی به کار گرفته شده است تا یک شیوه معماری سنتی ساخته شود که حاکی از روش‌های طراحی درست و مهندسی صحیح باشد. هاشمی زرج‌آباد و دیگران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بازخوانی و تحلیل اصول هندسی و تناسب طلایی در مدرسه شوکتیه به این نتیجه رسیدند که تناسبات طلایی و تناسبات ایرانی در تکامل این بنا به خوبی با یکدیگر ممزوج شده، اما معمار از نسبت طلایی بیشتر در جهت مکان‌یابی نقاط و فضاهای معماری استفاده کرده است. Rezadost Dezfuli et all (۲۰۲۴) در مقاله خود به این نتیجه رسیدند که تناسبات طلایی و مستطیل‌های دینامیک در طراحی ورودی‌های خانه‌های تاریخی دزفول به‌کار رفته‌اند. با بررسی ۳۰ خانه تاریخی، تناسبات طول، عرض و ارتفاع مشخص شده و مقایسه با این اصول نشان داد که محدوده تناسبات در پلان از ۱.۳۴ تا ۲ و در مقطع از ۱.۲۲ تا ۲ متغیر است. این نتایج می‌تواند در بازسازی منطق‌محور بافت‌های آسیب‌دیده تاریخی مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش با توجه به تحلیل‌های پیشین در زمینه هندسه و تناسبات طلایی در معماری مدارس دوره صفویه، به‌طور خاص بر شناسایی و واکاوی کاربرد این تناسبات در فضاهای نیمه‌باز این بناها تمرکز دارد؛ و با مطالعه دقیق و مقایسه تطبیقی



تصویر ۱. روش‌شناسی (مأخذ: نگارندگان)

به عنوان مبانی نظری تحقیق، چارچوب مفهومی لازم را برای درک بهتر موضوع فراهم کرده و زمینه‌ای مناسب برای تحلیل و تفسیر یافته‌های پژوهش فراهم می‌کنند.

۴. مبانی نظری پژوهش

در این بخش، به بررسی و تشریح تعاریف تخصصی و مفاهیم پایه‌ای مرتبط با پژوهش پرداخته می‌شود. این تعاریف،

ایوان از عناصر مهم در ساخت انواع بناها از جمله کاخ‌ها، آتشکده‌ها، کاروانسراها، مدارس، و مساجد گرفته تا خانه‌ها کاربرد داشته است. این فضاها در سازماندهی کلی بنا در کنار دو فضای باز و بسته نقش ایفا می‌کرده‌اند و هم خود به عنوان فضایی مستقل که عملکردهای متنوعی را پذیرا می‌شده، مطرح بوده‌اند (شیرین جانی و دیگران ۱۳۹۴، ۹). در معماری سنتی فضاهای نیمه‌باز به‌عنوان فضای گذار و ارتباط‌دهنده دو فضای باز و بسته نقش ایفا می‌کنند و فضای بسته به واسطه فضاهای نیمه‌باز با فضای باز در ارتباطند. این فضاها به ویژه ایوان، خصوصیتی از هر دو گروه فضاهای باز و بسته در خود دارند و در ادامه هر دو دارای کارکرد عملکردی و فرمی می‌باشند (محمودی ۱۳۸۴، ۵۶). در دوران صفویه، ایوان‌ها و ایوانچه‌ها در ترکیب با حیاط مرکزی، به‌ویژه در مدارس، تداوم یافتند و به‌عنوان فضاهای گذار و ارتباطی با محیط شهری عمل کردند.

۴-۴. نقش هندسه و تناسبات در معماری

نسبت طلایی از دوران باستان به‌عنوان زیباترین نسبت متقارن در طبیعت شناخته می‌شود و در ساختارهای هندسی نظیر مستطیل، مارپیچ، مثلث و پنج‌ضلعی منتظم به‌کار رفته است. مستطیلی که نسبت طول به عرض آن برابر با عدد فی باشد، مستطیل طلایی نامیده می‌شود (تصویر ۲) (موسوی ۱۳۹۵، ۴۰).

در معماری ایرانی، تناسبات طلایی به‌ویژه در طراحی‌های ساختاری مانند مستطیل‌های طلایی و شش‌ضلعی‌های منتظم مورد توجه قرار گرفته‌اند. این تناسبات در طراحی بناهای تاریخی ایران به‌ویژه در دوران صفویه نقش ویژه‌ای داشته‌اند و معماران ایرانی از آن‌ها برای ایجاد هماهنگی و تعادل در فضاها بهره برده‌اند. نسبت‌های طلایی ایرانی علاوه بر استاد پیرنیا توسط ابوالوفای بوزجانی، ابواسحاق کوبنایی، و... بارها مورد تأکید قرار گرفته‌اند (پوراحمدی و دیگران ۱۳۹۰، ۷۱). در واقع مستطیلی که نسبت طول به عرض آن برابر با $1/73$ باشد مستطیل طلایی ایرانی است. بر این اساس عدد $1/41$ نیز جزئی از تناسبات به‌کاررفته در ترسیم این مستطیل است (تصویر ۳) (عطاریان، مؤمنی، و مسعودی ۱۳۹۴، ۷۱).

همچنین نسبت‌های مستطیل طلایی می‌توانند در شش‌ضلعی منتظم محاط شوند، زیرا مستطیل‌های محاط در شش‌ضلعی به سبب طریقه رسم همواره مورد توجه معماران ایرانی بوده‌اند (پیرنیا ۱۳۷۸، ۱۵۵-۱۵۹). از این رو علاوه بر $1/41$ و $1/73$ اعداد $1/15$ و $2/31$ از نسبت‌های به دست آمده، مستطیل محاط در شش‌ضلعی هستند (پورعبدالله ۱۳۸۹، ۹-۱۱). یکی دیگر از این نسبت‌ها تناسبات به‌دست‌آمده از

۴-۱. ساختار معماری دوره صفویه در اصفهان

دوره صفوی را در تاریخ معماری ایران باید یکی از دوره‌های درخشان قلمداد نمود. در این دوره، نگاهی دوباره به معماری کهن ایران شد و بسیاری از عناصر و فضاهای معماری و شهرسازی ایران در ساختارهای متفاوت و با کارکردهایی متناسب با شرایط زمانه احیا و استفاده شدند. این روند با شرایط سیاسی، فرهنگی، و اقتصادی مرتبط بود و تداوم هنر ایرانی در ساختار نو، با حمایت حاکمان در مسیری هموار افتاد. در این دوره حاکمان و وابستگان حکومت در توسعه معماری نقش بسزایی ایفا نمودند در این دوره مدارس متعددی با اهدافی خاص ساخته شدند (زارعی ۱۳۹۷، ۳۸).

۴-۲. معماری مدارس اصفهان در دوره صفویه

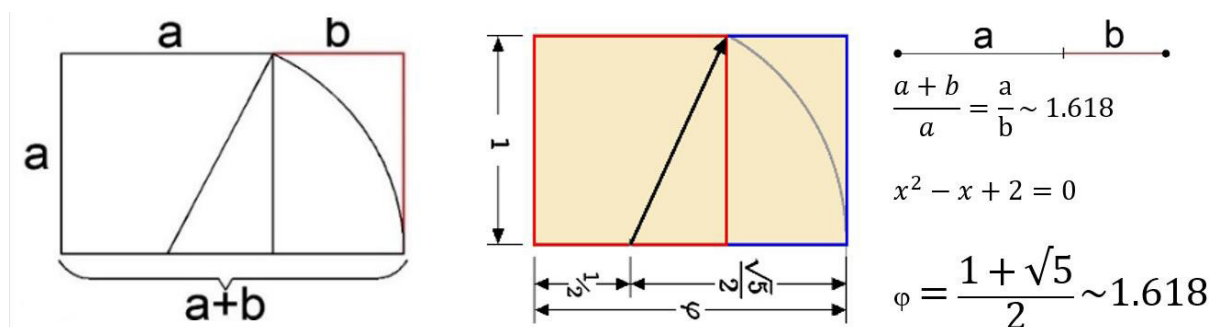
صفویان در ساخت و توسعه مراکز آموزشی تلاش مضاعفی کردند. هدف از ساخت و توسعه این مراکز ترویج اندیشه‌های مذهبی و حتی در پاره‌ای موارد اندیشه‌های عارفانه بود. امروزه نمونه‌هایی از مدارس متعددی که آنها در اصفهان و شهرهای دیگر باقی مانده است (زارعی ۱۳۹۷، ۳۹). در دوره صفویه با انتخاب مذهب تشیع به‌عنوان مذهب رسمی و رونق علوم مختلف مدارس اهمیتی هرچه بیشتر در زندگی شهری می‌یابد و بخشی از حیات آن می‌گردند. مدارس با وجود این که بخشی از بناهای عمومی هستند اما بنا به حصلت آموزش که محیطی آرام و مساعد برای اندیشه و تعمق را می‌طلبد در ترکیب کالبدی بنا و نحوه اتصال آن با فضاهای مجاور که با هیاو و جنب‌وجوش زندگی شهری سروکار دارند با تمهیداتی روبرو می‌شوند که ضمن ایجاد دسترسی آسان به جریان زندگی شهره محیطی آرام و دلپذیر برای درس و بحث فراهم آید و تمامی عناصر طبیعی آب، خاک، گیاه، و هوا نیز در جهت خلق چنین محیطی به کمک طلبیده می‌شوند (حبیبی و اهری ۱۳۹۱). این مدارس در طراحی‌های خود از ترکیب فضاهای بسته و باز بهره می‌بردند تا محیطی آرام و مساعد برای اندیشه و تعمق ایجاد کنند. از این رو مدارس صفوی به عنوان مدارس کلاسیک ایران که اوج تکامل و زیبایی معماری را در خود متبلور ساختند شناخته می‌شوند ترکیب فضاها در این مدارس کماکان تابع الگوی چهار ایوانی بود که با پیشرفت‌هایی در سازماندهی بخش‌های پلان و همچنین تکامل نسبی برخی از اجزای بنا. همراه گردید (سمیع‌آذر ۱۳۷۶، ۲۴۳).

۴-۳. فضاهای نیمه‌باز مدارس در دوره صفویه و کاربرد آنها در معماری

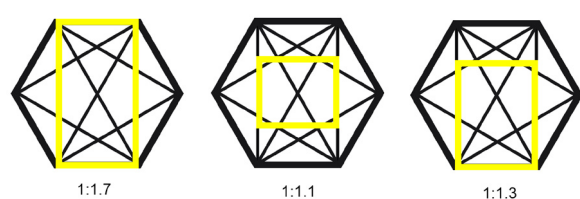
در معماری سنتی ایران فضاهای نیمه‌باز به طور اخص

و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه‌باز مدارس این دوره، روشن شد. این چارچوب مفهومی زمینه‌ساز بررسی دقیق‌تر فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه خواهد بود. همچنین، این مبانی نظری به‌طور مستقیم به تحلیل و تفسیر داده‌های پژوهش کمک خواهند کرد.

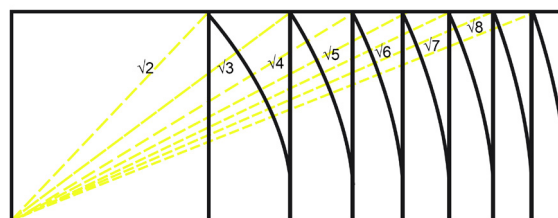
شش‌ضلعی منتظم است که اندازه مستطیل به‌دست‌آمده از شش‌ضلعی منتظم $\sqrt{3}$ است و به مستطیل افلاطونی نیز شهرت دارد (تصویر ۳) (آیت‌اللهی ۱۳۹۰، ۱۹۱). با توجه به مطالب مطرح‌شده در این بخش، مفاهیم و اصول کلیدی مرتبط با معماری دوره صفویه و استفاده از هندسه



تصویر ۲. نحوه ترسیم مستطیل با نسبت طلایی و معادلات ریاضی آن (مأخذ: Pasamentier and Lehmann 2012, 8)



تصویر ۴. شش‌ضلعی منتظم و مستطیل‌های مشتق از آن (مأخذ: حیاتی و نوری ۱۴۰۲، ۱۷؛ بازترسیم توسط نگارندگان)



تصویر ۳. نحوه گسترش مستطیل طلایی و تناسبات جذر $\sqrt{2}$ ، $\sqrt{3}$ ، $\sqrt{4}$ و... (مأخذ: ابوالوفای بوزجانی ۱۳۸۴، ۱۲۵؛ بازترسیم توسط نگارندگان)

پیرامون ایوان‌ها در دو جبهه شمال غربی و جنوب شرقی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۴ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل به‌دست‌آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌ها نیز مشابه و با نسبت ۱:۱.۰۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم است (جدول ۱).

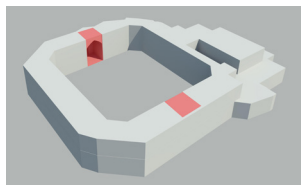
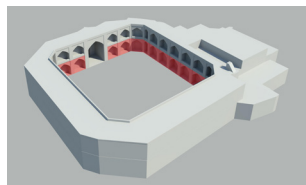
۵. بررسی نمونه‌های موردی

در راستای تحلیل تناسبات هندسی به‌کاررفته در فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه، تعداد ۹ نمونه از مدارس تاریخی شهر اصفهان انتخاب گردیده است. این مدارس شامل مدرسه ملاعبدالله، جده بزرگ، جده کوچک، نوریه، میرزا حسین، کاسه‌گران، نیم‌آورد، چهارباغ و جلالیه می‌باشند که از شاخص‌ترین مدارس این دوره محسوب می‌شوند.

جهت بررسی و تحلیل دقیق تناسبات هندسی و طلایی در فضاهای نیمه‌باز (ایوان و ایوانچه) این مدارس، از متغیرهای ارتفاع و عرض این فضاها استفاده شده و تناسبات طلایی در ابعاد عمودی، در جداول مجزا تعیین گردیده است. علاوه بر این، تصاویر مربوط به جایگاه‌های فضاهای نیمه‌باز از کتاب مدارس کهن، کاراحمدی (۱۴۰۲) استخراج و به منظور تسهیل درک بهتر مفاهیم و اهداف پژوهش، در قالب جداول منظم‌سازی و ارائه شده‌اند.

تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه ملاعبدالله: ابعاد مستطیل

جدول ۱. بررسی تناسب‌های هندسی فضاهای نیمه‌باز مدرسه ملا عبدالله (مأخذ: نگارندگان^۱)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس			
نسبت ابعاد عمودی به افقی (a) عرض نسبت ارتفاع (b) به عرض (a)	ایوان	ایوانچه	فضاهای نیمه باز	ایوان	
	ارتفاع	عرض			جایگاه در پلان سه‌بعدی
	8.81	5.88			
	1.4a=b	1.3a=b			
نسبت هندسی فضاهای نیمه باز	مستندات تصویری	1:1.4	1:1.3		
					

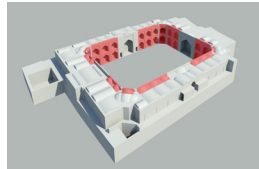
تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه جده کوچک: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، و با نسبت ۱:۰۰۹ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌ها نیز مشابه و با نسبت ۱:۱۰۴ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل به‌دست‌آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است (جدول ۲).

جدول ۲. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه جده کوچک (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس	
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) نما (b) ارتفاع	ایوان	ایوانچه
		ارتفاع	عرض
		3.8	4.2
نسبت ارتفاع		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	
		نسبت ارتفاع	

ایوانچه‌های پایین نیز مشابه و با نسبت ۱:۰.۶ توضیحات پیش از این مستطیل به‌دست‌آمده مستطیل طلایی است؛ و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌های بالا نیز مشابه و با نسبت ۱:۰.۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم است (جدول ۳).

تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه جده بزرگ: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱٫۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شرقی و غربی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱٫۷ که برابر با تناسب $\sqrt{3}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون

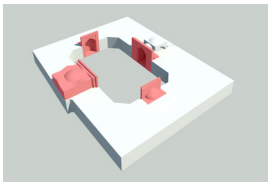
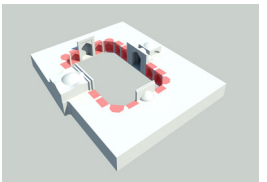
نسبت ابعاد فضاهای نیمه‌باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس													
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) عرض (b) ارتفاع نسبت	ایوان		فضاهای نیمه‌باز											
		ایوانچه													
تناسب هندسی فضاهای نیمه‌باز		شمالی و جنوبی	عرض	ارتفاع	پایین	عرض	ارتفاع	بالا	جایگاه در پلان سه‌بعدی						
			6.26	8.7							4.95	8.7	4.59	3.39	
			1.3a=b								1.7a=b		1.6a=b		1.3a=b
		تنامیب هندسی فضاهای نیمه‌باز		شرقی و غربی	عرض	ارتفاع	پایین	عرض	ارتفاع		بالا	مستندات تصویری			
					6.26	8.7		4.95	8.7					4.59	3.39
					1.3a=b			1.7a=b						1.6a=b	
تنامیب هندسی فضاهای نیمه‌باز		شرقی و غربی	عرض	ارتفاع	پایین	عرض	ارتفاع	بالا	مستندات تصویری						
			6.26	8.7		4.95	8.7				4.59	3.39			
			1.3a=b			1.7a=b					1.6a=b			1.3a=b	

تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه نوریه: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شرقی و غربی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱:۱ و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌های شمال و جنوب مشابه

نسبت ابعاد فضاهای نیمه‌باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس	
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	ایوان	ایوانچه
نسبت ارتفاع فضاهای نیمه‌باز	ارتفاع	عرض	عرض
	5.3	4.6	3.1
	$1.1a=b$	$1.3a=b$	
	جایگاه در پلان		
	سبب		
	مستندات تصویری		

تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه میرزااحسین: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱٫۷ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطره‌های شش ضلعی منتظم است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شرقی و غربی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱٫۶ و

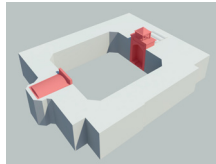
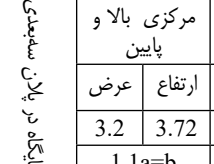
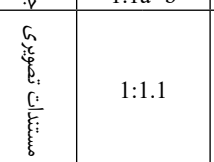
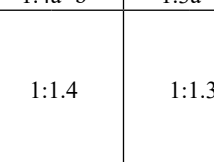
جدول ۵. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه میرزا حسین (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس						
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) عرض نما (b) ارتفاع نسبت	ایوان		ایوانچه		فضاهای نیمه باز		
		شمالی و جنوبی						
		ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض		چاپگاه در پلان سه بعدی	
		7.76	4.47	6.9	4.2			
		1.7a=b		1.6a=b		1.3a=b		مستندات تصویری
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز		1:1.7		1:1.6		1:1.3		
								
								

مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۴ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل به دست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های مرکزی بالا و پایین مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۱ و مطابق توضیحات پیش از این، مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است (جدول ۶).

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه کاسه گران: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۶ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده مستطیل طلایی است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های پایین مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های بالا

جدول ۶. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه کاسه گران (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس									
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) عرض نما (b) ارتفاع نسبت	ایوان	ایوانچه				فضاهای نیمه باز				
			پایین		بالا			مرکزی بالا و پایین			
			عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع					
			8.75	5.24	3.66	2.67			3.85	2.67	3.2
نسبت		1.6a=b		1.3a=b		1.4a=b		1.1a=b			
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	1:1.6	1:1.3	1:1.4	1:1.1	مستندات تصویری				چاپگاه در پلان سه بعدی		
					ایوان						
											

توضیحات داده شده، مستطیل به دست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های مرکزی بالا و پایین مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۱ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است (جدول ۷).

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه نیم آورد: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمال شرقی، با نسبت ۱:۱.۰۷ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوان جنوب غربی، با نسبت ۱:۱.۰۶ و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های بالا مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۰۳ که مطابق

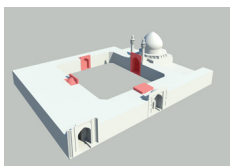
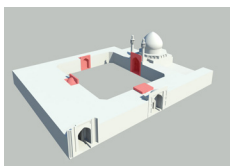
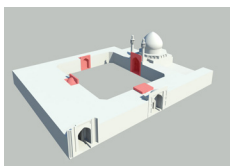
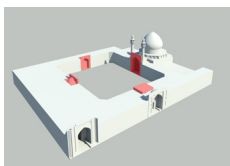
جدول ۷. بررسی تناسب‌های هندسی فضاهای نیمه‌باز مدرسه نیم‌آورد (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه‌باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس					
نسبت ابعاد عمومی به افقی	(a) نسبت ارتفاع (b) به عرض (a)	ایوان		فضاهای نیمه‌باز	ایوانچه		
		جنوب‌غربی					
		ارتفاع	عرض			ارتفاع	عرض
		11.44	6.44			11.44	7.1
		1.7a=b		1.6a=b			
		1.3a=b		1.3a=b			
		1:1.7		1:1.6			
		1:1.3		1:1.3			
تناسب هندسی فضاهای نیمه‌باز		مستندات تصویری		چاپگاه در پلان سه‌بعدی			
		ایوان		ایوانچه			
		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس			

تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌های شرقی و غربی با نسبت ۱:۱.۳ که مطابق با تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم است (جدول ۸).

تناسبات فضاهای نیمه‌باز مدرسه چهارباغ: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان جنوبی و شمالی، با نسبت ۱:۱.۰۶ که مستطیل به‌دست‌آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌های شمالی و جنوبی با نسبت ۱:۱.۰۴ که طبق

جدول ۸. بررسی تناسب‌های هندسی فضاهای نیمه‌باز مدرسه چهارباغ (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه‌باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس							
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) به عرض (b) ارتفاع نسبت	ایوان				ایوانچه			
		شمالی		جنوبی		شمالی		جنوبی	
		ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض
		10.2	6.3	14.19	8.8	4.45	3.02	3.95	3.02
		1.6a=b		1.4a=b		1.3a=b			
تناسب هندسی فضاهای نیمه‌باز		1:1.6		1:1.4		1:1.3		مستندات تصویری	
									
									

شش‌ضلعی منتظم است (جدول ۹).

تناسبات فضاهای نیمه‌باز جلالیه: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی، با نسبت ۱:۰.۰۹ است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه‌های گرداگرد آن، با نسبت ۱:۱.۰۳ مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای

جدول ۹. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه جلالیه (مأخذ: نگارندگان)

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس	
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	ایوان	ایوانچه
		ارتفاع	عرض
		5.74	4.74
		5	3.48
		$1.1a=b$	$1.3a=b$
فضاهای نیمه باز		چاپگاه در پلان سه بعدی	ایوانچه
نسبت هندسی فضاهای نیمه باز		مستندات تصویری	ایوانچه
		1:1.1	1:1.3

می کند. ۲۴ درصد از فضاهای نیمه باز مدارس دوره صفویه از تناسب $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$ استفاده کرده اند. این تناسبات در بسیاری از بناهای تاریخی ایران به منظور حفظ تعادل در ابعاد فضاها و ایجاد عملکرد بهینه در فضاهای آموزشی کاربرد داشته اند. ۱۷ درصد از فضاها از تناسب مستطیل طلایی بهره برده اند. این تناسب در معماری ایرانی به ویژه در فضاهای عمومی و نیمه باز با هدف حفظ توازن بصری و ایجاد جریان فضایی مؤثر به کار می رود. ۴ درصد از فضاهای نیمه باز از نسبت ۱:۰.۰۹ استفاده کرده اند. این نسبت در طراحی های خاص و در فضاهایی که نیاز به دقت و جزئیات بیشتر در ابعاد داشته اند، مشاهده شده است.

۶. تحلیل یافته های پژوهش

در تصویر ۵، محور افقی نمایانگر مدارس منتخب دوره صفویه و نمودار عمودی نشان دهنده تناسبات هندسی موجود است، و نقاط در نمودار فضاهای نیمه باز هر مدرسه را نمایش می دهند. تحلیل تطبیقی داده ها نشان می دهد که تناسبات هندسی در طراحی ایوان ها و ایوانچه های مدارس منتخب دوره صفویه تأثیر زیادی بر ساختار فضایی این بناها داشته اند. در تصویر ۶، داده ها نشان می دهند که ۵۵ درصد از فضاهای نیمه باز مدارس منتخب از تناسب حاصل از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم پیروی می کنند. این تناسب، که در معماری ایرانی سابقه دارد، در ایوان ها و ایوانچه ها به کار رفته است و به ایجاد تعادل فضایی و هماهنگی ابعاد کمک



تصویر ۵. توزیع تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز (ایوان ها و ایوانچه ها) در مدارس منتخب دوره صفویه بر اساس داده های جداول پیشین (مأخذ: نگارندگان)

۷. نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی نحوه استفاده از تناسبات طلایی و هندسی در طراحی فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه در اصفهان پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که این فضاها، شامل ایوان‌ها و ایوانچه‌ها، بر اساس تناسبات طلایی و هندسی از جمله تقاطع شش ضلعی منتظم، تناسبات جذر ۲ و ۳ و مستطیل طلایی طراحی شده‌اند. پرکاربردترین تناسبات به ترتیب شامل نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم، تناسبات $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$ و نسبت مستطیل طلایی بوده‌اند. نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم در معماری ایرانی ریشه دارد؛ در طراحی ایوان‌ها و ایوانچه‌ها به کار رفته است؛ و به برقراری تعادل فضایی و هماهنگی در ابعاد فضاها کمک می‌کند. تنها ایوان مدرسه جده کوچک از این الگوها تبعیت نکرده است و نسبت به کاررفته در آن ۰۰۹ بوده که علت آن، فرم خاص دو طبقه‌ای ایوان و عملکرد متفاوت آن به عنوان فضای ارتباطی میان دو حیاط است. این نتایج نشان می‌دهد که تناسبات طلایی و سایر تناسبات هندسی نقش برجسته‌ای در طراحی فضاهای نیمه‌باز مدارس صفویه داشته‌اند. همچنین مشخص شد که این فضاها به عنوان عناصر کلیدی در معماری مدارس، ارتباطی مستقیم میان فضای باز و بسته برقرار کرده و نقش مهمی در خلق تعادل بصری و عملکردی ایفا می‌کنند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که معماران دوره صفویه با بهره‌گیری از اصول هندسی و تناسبات طلایی، نه تنها به زیبایی‌شناسی معماری دست یافته‌اند، بلکه موفق شده‌اند ارتباط میان هنر، ریاضیات، و طبیعت را به خوبی در طراحی مدارس پیاده کنند. این تحقیق می‌تواند زمینه‌ساز ارائه الگوهای جدید در طراحی فضاهای نیمه‌باز معماری معاصر با بهره‌گیری از اصول هندسی و تناسبات طلایی باشد. همچنین این نتایج می‌تواند در بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده تاریخی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابهی در مورد سایر بناهای این دوره، از جمله کاروانسراها، مساجد، و بازارها انجام شود تا الگوهای هندسی مشترک مشخص شود.

پی‌نوشت

۱. پلان‌های سه‌بعدی در جداول توسط سعید شمس در کتاب مدارس کهن (کاراحمدی ۱۴۰۲) ترسیم شده‌اند. همچنین، تمامی تصاویر مورد استفاده نیز از همین منبع استخراج شده‌اند.



تصویر ۶. تحلیل تطبیقی تناسبات هندسی در فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه. درصد استفاده از تناسبات مختلف هندسی (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۱۰ به مقایسه تطبیقی مدارس، با استناد به تصویر ۶، می‌پردازد و مشخص می‌کند که تمامی فضاهای نیمه‌باز، به جز مدرسه جده کوچک، از تناسبات معین تبعیت می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که رایج‌ترین تناسب به کاررفته در این فضاها، نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم است. این بررسی‌ها تأکید می‌کنند که تناسبات هندسی نقش اساسی در طراحی ایوان‌ها و ایوانچه‌ها داشته و تأثیر بسزایی در ایجاد تعادل بصری و بهینه‌سازی عملکرد فضایی مدارس صفویه ایفا کرده‌اند.

جدول ۱۰. مقایسه تطبیقی تناسبات هندسی در فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه (مأخذ: نگارندگان)

نام مدرسه	تناسبت به کار رفته در فضاهای نیمه‌باز		
	نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم	تناسبات جذر ۲ و ۳	تناسبت مستطیل نسبت ۹، ۰+ طلایی
ملا عبدالله	*	*	
جده کوچک		*	*
جده بزرگ	*	*	*
نوریه	*		
میرزا حسین	*	*	*
کاسه‌گران	*	*	*
نیم‌آورد	*	*	*
چهارباغ	*	*	*
جلالیه	*		

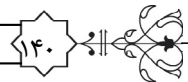
منابع

۱. ابوالوفای بوزجانی، محمد بن محمد. ۱۳۸۴. هندسه ایرانی: کاربرد هندسه در عمل. تهران: سروش.
۲. آیت‌اللهی، حبیب‌الله. ۱۳۹۰. مبانی هنرهای تجسمی. تهران: سمت.

۳. پوراحمدی، مجتبی، مجتبی یوسفی، و مهدی سهرابی. ۱۳۹۰. نسبت طول به عرض حیاط و اتاق ها در خانه های سنتی یزد: آزمون برای نظر استاد پیرنیا درباره مستطیل طلایی ایرانی. هنرهای زیبا ۳ (۴۷): ۶۹-۷۹.
۴. پورعبدلله، حبیب الله. ۱۳۸۹. حکمت های پنهان در معماری. تهران: کلهر.
۵. پیرنیا، محمد کریم. ۱۳۷۸. آشنایی با معماری اسلامی ایران (ساختمان های درون شهری و برون شهری). تدوین غلامحسین معماریان. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۶. جوادی نوده، مهسا، آزاده شاهچراغی، و علیرضا عندلیب. ۱۴۰۱. بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته از طبیعت در اجزای کالبدی خانه های تاریخی (مطالعه موردی: خانه های قاجاری اردبیل). باغ نظر ۱۹ (۱۱۰): ۳۵-۴۸.
۷. حاتمی نصاری، طیب، آراز نجفی، و زرین فخار. ۱۴۰۲. کارکرد هندسه، در زیرساخت معماری و نقوش گنبد مسجد امام و مسجد مدرسه چهارباغ. مطالعات هنر اسلامی ۲۰ (۵۰): ۷۳۷-۷۵۵.
۸. حبیبی، سید محسن، و زهرا اهری. ۱۳۹۱. مکتب اصفهان زبان طراحی شهری در شهرهای کهن. تهران: دفتر پژوهش های فرهنگی.
۹. حیاتی، حامد، و امیر مسعود نوری. ۱۴۰۲. مقایسه تطبیقی تناسبات ایوان در مساجد دوره صفویه اصفهان. باغ نظر ۲۰ (۱۲۸): ۱۳-۲۶.
۱۰. رجایی، عبدالمهدی. ۱۳۹۳. برگ هایی از تاریخ اجتماعی اصفهان معاصر. اصفهان: جهاد دانشگاهی.
۱۱. زارعی، محمد ابراهیم. ۱۳۹۷. معماری ایران: از عصر صفوی تا عصر حاضر. همدان: دانشگاه بوعلی سینا.
۱۲. سمیع آذر، علیرضا. ۱۳۷۶. تاریخ تحولات مدارس در ایران. تهران: سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور.
۱۳. شیرین جانی، سمیه، زهرا صمدی فرد، و سیدعلی شریفیان. ۱۳۹۴. بازشناسی مفهوم و عملکرد ایوان در معماری ایرانی با تاکید بر تأثیرگذاری در ساختار معماری. در کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، مالزی، ۲۳ آذر.
۱۴. عطاریان، کورش، کورش مؤمنی، و زهره مسعودی. ۱۳۹۴. بررسی تناسبات حیاط مساجد دوره صفویه اصفهان. مطالعات تطبیقی هنر ۵ (۱۰): ۶۷-۸۲.
۱۵. فرشچی، حمیدرضا، و مرتضی مجیدی. ۱۴۰۰. بررسی نظام معماری و تناسبات هندسی حیاط مرکزی و جداره های آن در خانه های تاریخی کاشان (مورد مطالعه: ده خانه تاریخی دوره قاجار شهر کاشان). فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی ۶ (۲): ۹۵-۱۱۲.
۱۶. کاراحمدی، مهران. ۱۴۰۲. مدارس کهن اصفهان: تکامل تدریجی و شکل گیری فضاهای اصلی مدارس در راستای معماری پایدار در گذر زمان. اصفهان: چشمه آفرینش.
۱۷. محمودی، عبدالله. ۱۳۸۴. بازنگری اهمیت ایوان در خانه های سنتی (با نگاه ویژه به بم). هنرهای زیبا ۲۲ (۲): ۵۳-۶۲.
۱۸. موسوی، فائزه. ۱۳۹۵. چشم اندازی به عدد طلایی فی. نشاء علم ۷ (۱): ۳۹-۵۲.
۱۹. مهدی نژاد، جمال الدین، رضا سیروس صبری، مجید ابراهیم دماوندی، و جوانه عباس پور. ۱۳۹۱. طراحی معماری با تکیه بر تعامل زیبایی و عملکرد در طبیعت. هویت شهر ۶ (۱۰): ۵۹-۶۶.
۲۰. نجفقلی پورکلانتری، نسیم، ایرج اعتصام، و فرح حبیب. ۱۳۹۶. بررسی هندسه و تناسبات طلایی در معماری ایران (نمونه مطالعاتی: خانه های سنتی شهر تبریز). مدیریت شهری و روستایی ۱۶ (۴۶): ۴۷۷-۴۹۱.
۲۱. هاشمی زرج آباد، حسن، محمد حسن ضیایی نیا، و حمیدرضا قربانی. ۱۳۹۴. بازخوانی تحلیل اصول هندسی و تناسب طلایی در مدرسه شوکتیه. پژوهش های باستان شناسی ایران ۵ (۹): ۲۰۷-۲۲۲.

References

1. Abolvafa Buzjani, Mohammad ibn Mohammad. 2005. *Applied Geometry*. Tehran: Soroush.
2. Attarian, Kourosh, Kourosh Momeni, and Zohreh Masoudi. 2015. The study of Courtyard Proportions in Safavid Mosques of Isfahan. *Comparative Art Studies* 5 (10): 67-82.
3. Ayatollahi, Habibullah. 2011. *Fundamentals of Visual Arts*. Tehran: SAMT.
4. Farshchi, Hamid Reza, and Morteza Majidi. 2022. Investigation of The Architectural System and Geometric Proportions of the Central Courtyard and Its Walls in The Historical Houses of Kashan (Case Study: Ten Historical Houses of the Qajar Period in Kashan). *Culture of Islamic Architecture and Urbanism Journal* 6(2): 95-112.
5. Habibi, Seyed Mohsen, and Zahra Ahri. 2012. *The Language of Urban Design in Historic Cities: Isfahan School*. Tehran: Iran Cultural Studies.
6. Hashemi Zaraj Abad, Hassan, Mohammad Hasan Ziaee Nia, and Hamid Reza Qorbani. 2015. Re-reading the Geometric Basics and Golden Ratio of Showkatyeh School. *Iranian Archaeological Research* 5(9): 207-222.



7. Hatami Nasari, Tayebbeh, Araz Najafi, and Zarin Fakhar. 2023. The Function of Geometry in the Architectural Infrastructure and Dome Designs of Imam and Chahar Bagh School Mosques. *Islamic Art Studies* 20(50): 737-755.
8. Hayaty, Hamed, and Amir Masoud Nouri. 2023. Comparative Comparison of Iwan Proportions in Safavid Mosques of Isfahan. *Bagh-e Nazar* 20(128): 13-26.
9. Javadi Nodeh, Mahsa, Azadeh Shahcheraghi, and Alireza Andalib. 2022. An Investigation of the Golden Proportions and Geometric Principles Derived from Nature in the Structural Components of the Traditional Houses (Case Study: Qajar Houses in Ardabil). *Bagh-e Nazar* 19(110): 35-48.
10. Karahmadi, Mehran. 2023. *Ancient Schools of Isfahan: Gradual Evolution and Formation of the Main Spaces of Schools in Line with Sustainable Architecture Over Time*. Isfahan: Cheshme-ye Afarinsh.
11. Mahmoudi, Abdullah. 2005. Revisiting the Importance of the Porch in Traditional Houses (with a Special Focus on Bam). *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning* (22): 53-62.
12. Mehdinejad, Jamaledin, Reza Siros Sabri, Majid Ebrahim Damavandi, and Jawaneh Abbas Pour. 2012. *Architectural Design on the Basis of Beauty and Function in Nature*. *Hoviatshahr* 6(10): 59-66.
13. Mousavi, Faezeh. 2016. *Perspective on Golden Ratio (ϕ)*. *Science Cultivation* 7 (1): 39-52.
14. Najafgholipour Kalantari, Nasim, Iraj Etesam, and Farah Habib. 2017. Check in Architectural Geometry and proportions of the golden Iran (Case Study: Tabriz traditional houses). *Urban and Rural Management* 16(46): 477-491.
15. Pirnia, Mohammad Karim. 2000. *Introduction to Islamic Architecture of Iran*. Tehran: Iran University of Science and Technology.
16. Posamentier, A. S., and I. Lehmann. 2012. *The Glorious Golden Ratio*. Amherst, N.Y: Prometheus Books.
17. Pour Abdollah, Habibollah. 2009. *Hidden Wisdoms in Architecture*. Tehran: Kalhor.
18. Pour Ahmadi, Mojtaba, Mojtaba Yousefi, and Mehdi Sohrabi. 2011. *The Ratio of Length to Width in the Main Spaces of Traditional Houses of Yazd: A Test for Pirnia's Statement on Iranian Golden Rectangle*. *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning* 3(47): 69-79.
19. Rajaei, Abdolmehdi. 2014. *Pages from the Social History of Contemporary Isfahan*. Isfahan: Iranian Students Book Agency.
20. Rezadoost Dezfali, Raziye, Mohammad Mehrakizadeh, Behnaz Safar Ali Najari, Hassan Bazazzadeh, and Mohammadjavad Mahdavejad. 2024. Geometric Investigation of Entrance Proportions of Houses from the Qajar to the Beginning of the Early Pahlavi in Dezful City (1789–1979). *Frontiers of Architectural Research* 13(1): 57-78.
21. Sami Azar, Alireza. 2007. *History of School Developments in Iran*. Tehran: Organization for Renovation and Development of School Equipment.
22. Shirin Jani, Somayeh, Samadifard, Zahra, and Sharifian, Seyed Ali. 2015. Recognizing the Concept and Function of the Porch in Iranian Architecture with an Emphasis on its Impact on the Architectural Structure. In *International Conference on Research in Science and Technology*.
23. Zarei, Mohammad Ebrahim. 2018. *Iranian Architecture from Safavid Period to the Present*. Hamedan: BuAli Sina University.

