

واکاوی تناسبات طلایی در شکل گیری فضاهاى نیمه باز مدارس دوره صفویه اصفهان

نازنین مالمیر، 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؛ نویسنده مسئول: m.karahmadi@gmail.com

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

واکاوی تناسبات طلایی در شکل گیری فضاهای نیمه باز مدارس دوره صفویه اصفهان

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 شش‌ضلعی 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 نشان‌دهنده‌ی تأثیر عملکرد فضا بر انتخاب اصول هندسی است. این فضا از تناسب ۱:۰.۹ پیروی می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که تناسبات هندسی نه‌تنها 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 نیمه باز، مدارس دوره صفویه.

معماری اسلامی ایران در دوره صفویه یکی از برجسته‌ترین دوره‌های معماری تاریخی ایران است که در آن، اصول زیباشناسی و هندسی به صورت 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... براساس قاعده مندی نظام گیتی و در تعادل و تناسب با طبیعت است، بارها مورد تأکید قرار گرفته‌اند (پوراحمدی و همکاران، ۱۳۹۰، ۷۰). فضاهای نیمه‌باز در مدارس دوره صفویه، به عنوان 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 هندسه‌ی 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 به کاررفته 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 مستحکم تری در طول میلیون‌ها سال رسیده‌اند (مهدی نژاد و همکاران 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 نیمه باز 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 الهام بخش طراحی‌های معاصر باشد و راهی برای حفظ و احیای این میراث فرهنگی گران بها فراهم آورد. بنابراین، این پژوهش با هدف واکاوی و تحلیل الگوهای هندسی و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه باز معماری مدارس دوره صفویه اصفهان انجام می‌شود تا ضمن شناسایی فضاهای نیمه باز مدارس و این الگوها، آن تناسباتی که پر کاربردترند در شکل‌گیری فضاهای نیمه باز مدارس دوره صفویه، مشخص شوند. پرسش اصلی این است که تناسبات طلایی چگونه در طراحی و ابعادبندی فضاهای نیمه باز مدارس دوره صفویه به کار رفته است؟ فضاهای نیمه باز 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

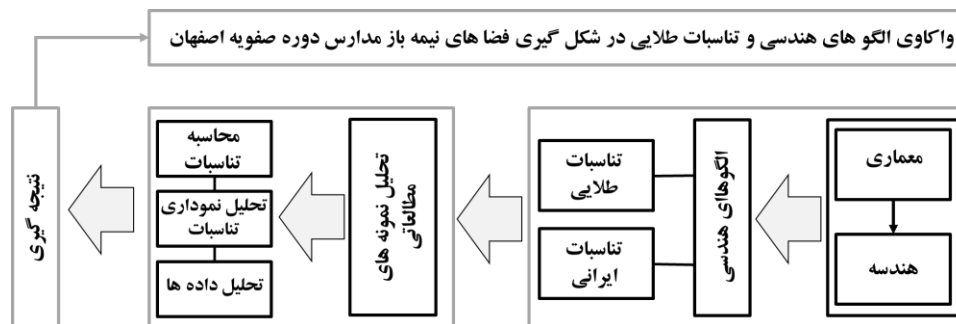
در کتاب کاراحمدی (۱۴۰۲) تحت عنوان تکامل تدریجی و شکل‌گیری فضاهای اصلی مدارس در راستای معماری پایدار در گذر زمان، ضمن شناخت فضاها و عناصر تشکیل دهنده هر یک از مدارس اصفهان از قرون اولیه پس از اسلام تا اواسط دوره قاجار به صورت سه بعدی، روند شکل‌گیری آنها را مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت. حاتمی نصار و همکاران (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 به کار 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 ایوان ها مشاهده می شود و در نماب تمام آنها از تناسبات ایرانی مشتق از شش ضلعی منتظم برگرفته شده است. جوادى نوده و همکاران در (۱۴۰۱) به بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته از طبیعت در اجزای کالبدی خانه های تاریخی اردبیل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که معماری خانه ها از لحاظ صوری اغلب در تعامل با طبیعت اند. در پژوهش فرشچی و مجیدی (۱۴۰۰) به بررسی نظام معماری و تناسبات هندسی حیاط مرکزی و جداره های آن در خانه های تاریخی کاشان به این نتیجه رسیدند که استفاده از پیمون و هندسه در طراحی ساختمان ها از گذشته در معماری ایران رواج داشته است. نجفقلی پور کلانتری و همکاران (۱۳۹۵) در تایج 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 می شوند، به طرز استادانه ای توسط معماران سنتی ایرانی به کار گرفته شده است تا یک شیوه معماری سنتی ساخته شود که حاکی از روش های طراحی درست و مهندسی صحیح باشد. هاشمی زرج آباد و همکاران (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 مکان یابی نقاط و فضاهای معماری استفاده کرده است. Rezadost dezfuli et all (2024) در مقاله خود به این نتیجه رسیدند که تناسبات طلایی و مستطیل های دینامیک در طراحی ورودی های خانه های تاریخی دزفول به کار رفته اند. 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 می تواند در بازسازی منطق محور بافت های آسیب دیده تاریخی مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش با توجه به تحلیل های پیشین در زمینه هندسه و تناسبات طلایی در معماری مدارس دوره صفویه، به طور خاص بر شناسایی و واکاوی کاربرد این تناسبات در فضاهای نیمه باز این بناها تمرکز دارد. و با مطالعه دقیق و مقایسه تطبیقی نمونه های موردی مختلف از مدارس شاخص دوره صفویه در اصفهان، به شناسایی تناسبات موجود در فضاهای نیمه باز 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، به عنوان نمونه های موردی انتخاب شدند. این مدارس شامل ملا عبدالله، جده بزرگ، جده کوچک، نوریه، میرزا حسین، کاسه گران، نیم آورد، چهارباغ و جلالیه به دلیل اهمیت تاریخی و معماری برجسته ای که دارند، برای بررسی دقیق تر انتخاب گردیدند. پس از انتخاب این مدارس، پلان های معماری آنها از منابع معتبر استخراج شد که شامل ابعاد و ارتفاع فضاهای مختلف، مانند ایوان ها و ایوانچه ها بودند. در گام بعدی، این پلان ها وارد نرم افزار اتوکد شدند تا ابعاد و تناسبات هندسی آنها به طور دقیق اندازه گیری شود. سپس، تناسبات هندسی مختلف مانند نسبت های ارتفاع به عرض و تناسبات طلایی در فضاهای نیمه باز محاسبه و تحلیل گردید. در نهایت، نتایج مقایسه ای در قالب نمودارهایی ارائه شد.

روش تحقیق این پژوهش از نوع ترکیبی (آمیخته) است که شامل تحلیل های کمی برای اندازه گیری دقیق ابعاد و تناسبات هندسی و کیفی برای انتخاب مدارس و تحلیل داده ها است.



تصویر ۱. روش شناسی. مأخذ: نگارندگان.

۴- مبانی نظری پژوهش

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

۴-۱- **ساختار معماری دوره صفویه در اصفهان** دوره‌ی 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، ۱۳۹۶، 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، ۱۳۹۶، ۳۹). در دوره صفویه با انتخاب مذهب تشیع به عنوان مذهب رسمی و رونق علوم مختلف مدارس اهمیتی هر چه 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 هیاهو و جنب و جوش 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 (سمیع آذر، ۱۳۷۶، ۲۴۳).

۴-۳- **فضاهای نیمه باز مدارس در دوره صفویه و کاربرد آنها و کاربرد آنها در معماری** سنتی ایران فضاهای نیمه باز به طور اخص ایوان از عناصر مهم در ساخت انواع بناها از جمله کاخ‌ها، آشکده‌ها، 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 (جانی و همکاران، ۱۳۹۴، ۹). در معماری سنتی فضاهای نیمه باز به

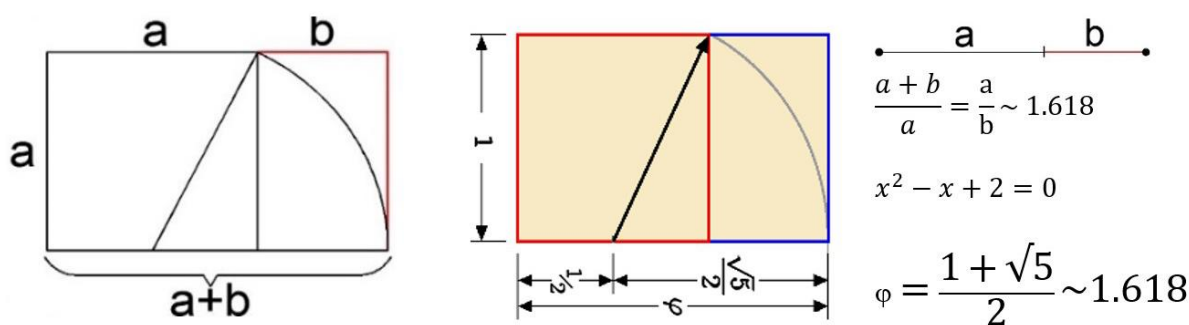
عنوان فضای گذار و ارتباط دهنده دو فضای باز و بسته نقش ایفا می کنند و فضای بسته به واسطه فضاهای نیمه باز با فضای باز در ارتباطند این فضاها به ویژه ایوان، خصوصیتی از هر دو گروه فضاهای باز و بسته در خود دارند و در ادامه هر دو دارای کارکرد عملکردی و فرمی می باشند (محمودی ۱۳۸۴، ۵۶). در دوران صفویه، ایوان‌ها 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 تناسب 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).

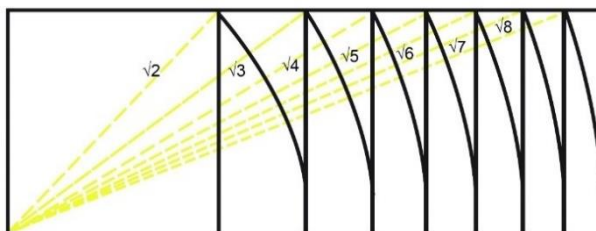
در معماری ایرانی، تناسب طلایی به‌ویژه در طراحی‌های ساختاری مانند مستطیل‌های طلایی و شش‌ضلعی‌های منتظم مورد توجه قرار گرفته‌اند. این تناسب در طراحی بناهای تاریخی ایران به‌ویژه در دوران صفویه نقش ویژه‌ای داشته‌اند و معماران ایرانی از آن‌ها برای ایجاد هماهنگی و تعادل در فضاها بهره برده‌اند. نسبت‌های طلایی ایرانی علاوه بر استاد پیرنیا توسط ابوالوفای بوزجانی، ابواسحاق کوبنایی و... بارها مورد تأکید قرار گرفته‌اند (پوراحمدی و همکاران ۱۳۹۰، ۷۱). در واقع مستطیلی که نسبت طول به عرض آن برابر با $\frac{1}{\sqrt{3}}$ باشد مستطیل طلایی ایرانی است. بر این اساس عدد $\frac{1}{\sqrt{3}}$ نیز جزئی از تناسب 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 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ و $\frac{1}{\sqrt{5}}$ اعداد $\frac{1}{\sqrt{3}}$ و $\frac{2}{\sqrt{3}}$ از نسبت‌های به دست آمده، مستطیل محاط در شش‌ضلعی هستند (پورعبدالله ۱۳۸۹، ۱۱-۹). یکی دیگر از این نسبت‌ها تناسب به دست آمده از شش‌ضلعی منتظم است که اندازه مستطیل به دست آمده 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 و تناسب 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.



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



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



تصویر ۴. شش ضلعی منتظم و مستطیل های مشتق از آن (حیاتی و نوری ۱۴۰۲، ۱۷، بازترسیم نگارندگان).

۵- بررسی نمونه های موردی

در راستای تحلیل تناسبات هندسی به کاررفته در فضاهای نیمه باز 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، کاسه گران، نیم آورد، چهارباغ و جلالیه می باشند که از شاخص ترین مدارس این دوره محسوب می شوند.

جهت بررسی و تحلیل دقیق تناسبات هندسی و طلایی در فضاهای نیمه باز (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 جایگاه های فضاهای نیمه باز از کتاب مدارس کهن، کاراحمدی (۱۴۰۲) استخراج و به منظور تسهیل درک بهتر مفاهیم و اهداف پژوهش، در قالب جداول منظم سازی و ارائه شده اند.

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه ملاعبدالله: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان ها در دو جبهه ی شمال غربی و جنوب شرقی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۴ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل بدست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه ها نیز مشابه و با نسبت ۱:۱.۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است (جدول ۱).

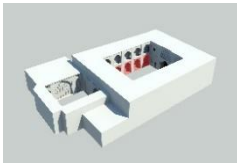
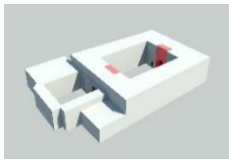
جدول ۱. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه ملاعبدالله. مأخذ: نگارندگان^۱

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس		
نسبت ارتفاع (b) به عرض (a)	ایوان		فضاهای نیمه‌باز	ایوان
	ارتفاع	عرض		
	8.81	5.88		
نسبت ابعاد عمودی به افقی	ایوانچه		جایگاه در پلان سه‌بعدی	ایوانچه
	ارتفاع	عرض		
	4.78	3.5		
1.4a=b		1.3a=b		
				

		مستندات تصویری	1:1.3	1:1.4	تناسب هندسی فضاهای نیمه باز
---	---	----------------	-------	-------	-----------------------------

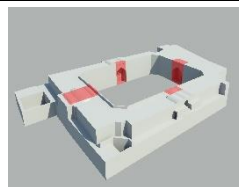
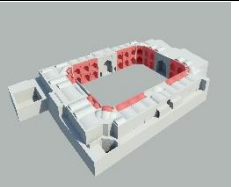
تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه جده کوچک: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، و با نسبت ۱:۰.۹ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه ها نیز مشابه و با نسبت ۱:۰.۴ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل بدست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است (جدول ۲).

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

نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس		نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز				
ایوانچه	ایوان	فضاهای نیمه‌باز	ایوانچه		ایوان	
			عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع
		جایگاه در پلان سه‌بعدی	3	4.2	4.2	3.8
			$1.4a=b$		$0.9a=b$	
		مستندات تصویری	1:1.4		1:0.9	
					تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	

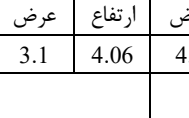
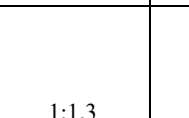
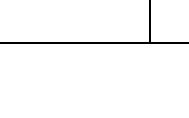
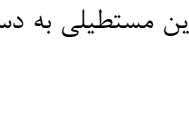
تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه جده بزرگ: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی و جنوبی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شرقی و غربی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۷ که برابر با تناسب $\sqrt{3}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های پایین نیز مشابه و با نسبت ۱:۱.۶ توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده مستطیل طلایی است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های بالا نیز مشابه و با نسبت ۱:۱.۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است (جدول ۳).

جدول ۳. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه جده بزرگ. مأخذ: نگارندگان.

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس					
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) به عرض نما (b) ارتفاع نسبت	ایوان		ایوانچه		فضاهای نیمه‌باز	ایوان
		شمالی و جنوبی	شرقی و غربی	پایین	بالا		
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع
		6.26	8.7	4.95	8.7	3.39	4.59
		1.3a=b		1.7a=b		1.6a=b	
مستندات تصویری <td rowspan="2">چاپگاه در پلان سه‌بعدی<td colspan="2">1:1.3</td><td colspan="2">1:1.6</td><td colspan="2">1:1.7</td></td>	چاپگاه در پلان سه‌بعدی <td colspan="2">1:1.3</td> <td colspan="2">1:1.6</td> <td colspan="2">1:1.7</td>	1:1.3		1:1.6		1:1.7	
							
							

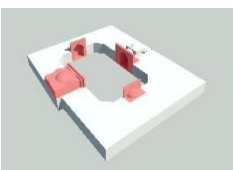
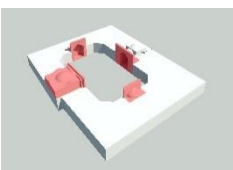
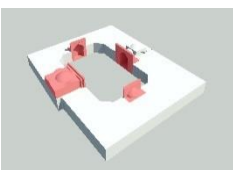
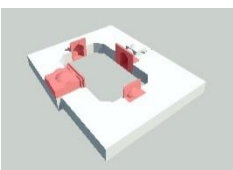
تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه نوریه: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شرقی و غربی مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۱ و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های شمال و جنوب مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۳ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل های به دست آمده از تقاطع قطر های شش ضلعی منتظم است (جدول ۴).

جدول ۴. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه نوریه. مأخذ: نگارندگان.

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز			نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس			
نسبت ارتفاع (b) به عرض (a)	ایوان	ایوانچه	فضاهای نیمه‌باز	ایوانچه		
					عرض	ارتفاع
					عرض	ارتفاع
نسبت ارتفاع (b) به عرض (a)	1.1a=b	4.6	4.06	3.1		
نسبت ابعاد عمودی به افقی	تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	مستندات تصویری	جایگاه در پلان سه‌بعدی	ایوانچه		
						
						

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه میرزا حسین: 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 قطرهای شش ضلعی منظم است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوان

جدول ۵. بررسی تناسب‌های هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه میرزا حسین. مأخذ: نگارندگان.

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس		
نسبت ابعاد عمودی به افقی	(a) عرض (b) ارتفاع نسبت	ایوان		ایوانچه
		شمالی و جنوبی		
		عرض	ارتفاع	
		عرض	ارتفاع	
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز	1:1.7	1:1.6	1:1.3
		1.7a=b	1.6a=b	1.3a=b
		ارتفاع	عرض	ارتفاع
		عرض	عرض	عرض
مستندات تصویری	جایگاه در پلان سه‌بعدی	ایوان		ایوانچه
		فضاهای نیمه‌باز		
				
				

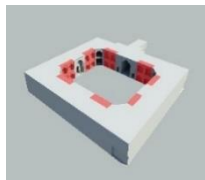
جدول ۶. بررسی تناسب هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه کاسه گران. مأخذ: نگارندگان.

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس					
نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	ایوان	ایوانچه	فضاهای نیمه‌باز	ایوان	ایوانچه		
پایین		بالا		مرکزی بالا و پایین			
عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض	ارتفاع		
5.24	8.75	2.67	3.66	2.67	3.85	3.2	3.72
							

			$1.1a=b$	$1.4a=b$	$1.3a=b$	$1.6a=b$		
		مستندات تصویری	1:1.1	1:1.4	1:1.3	1:1.6	تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه نیم آورد: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمال شرقی، با نسبت ۱:۱.۷ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطر های شش ضلعی منتظم است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوان جنوب غربی، با نسبت ۱:۱.۶ و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های بالا مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۳ که مطابق توضیحات داده شده، مستطیل بدست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های مرکزی بالا و پایین مشابه به هم، با نسبت ۱:۱.۱ و مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطر های شش ضلعی منتظم است (جدول ۷).

جدول ۷. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه نیم آورد. مأخذ: نگارندگان.

نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز			
نسبت ارتفاع (a) به عرض (b)	نسبت ابعاد عمودی به افقی	ایوان	ایوانچه		
			جنوب غربی	شمال شرقی	
		ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض
		11.44	6.44	11.44	7.1
1.7a=b		1.6a=b		1.3a=b	
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز		مستندات تصویری		ایوان	
1:1.7		1:1.6		1:1.3	
					

تناسبات فضاهای نیمه باز مدرسه چهارباغ: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان جنوبی و شمالی، با نسبت ۱:۱.۶ که مستطیل بدست آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است. و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های شمالی و جنوبی با نسبت ۱:۱.۴ که طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است و ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های شرقی و غربی با نسبت ۱:۱.۳ که مطابق با تقاطع قطر های شش ضلعی منتظم است. (جدول ۸).

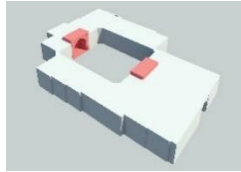
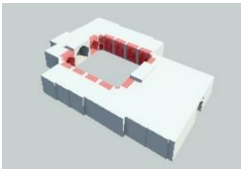
جدول ۸. بررسی تناسبات هندسی فضاهای نیمه باز مدرسه چهارباغ. مأخذ: نگارندگان.

نمونه های تصویری فضاهای نیمه باز مدارس	نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز
--	----------------------------

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

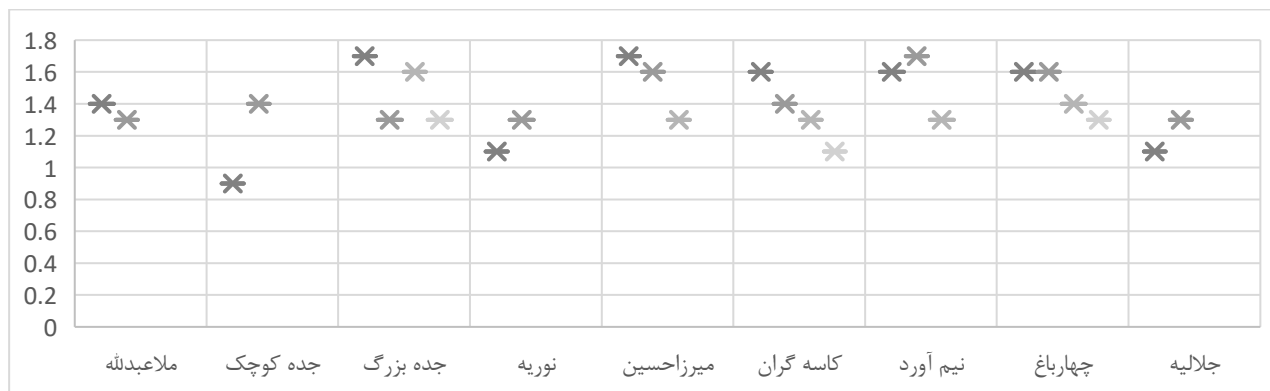
تناسبات فضاهای نیمه باز جلالیه: ابعاد مستطیل پیرامون ایوان شمالی، با نسبت ۱:۰.۹ است. ابعاد مستطیل پیرامون ایوانچه های گرداگرد آن، با نسبت ۱:۱.۳ مطابق توضیحات پیش از این مستطیلی به دست آمده از تقاطع قطر های شش ضلعی منتظم است (جدول ۹).

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

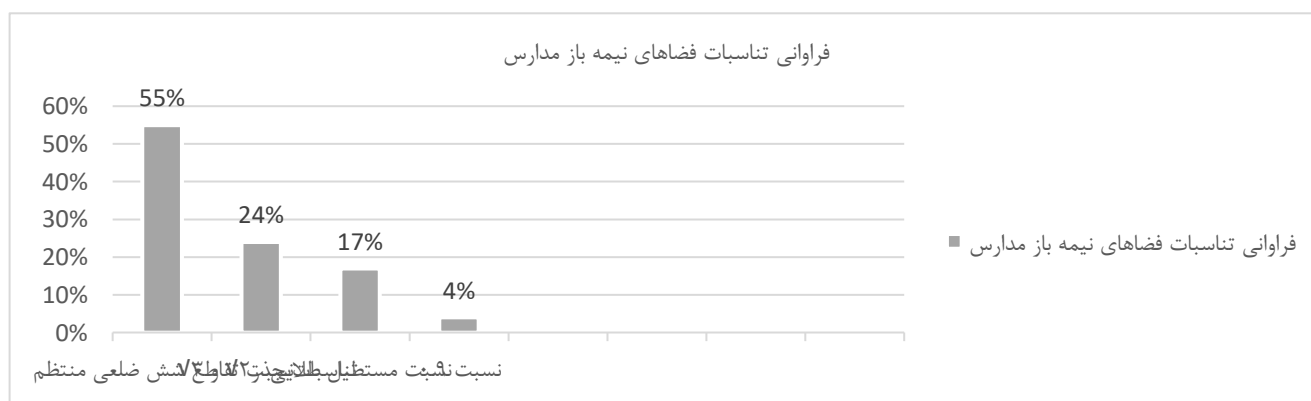
نسبت ابعاد فضاهای نیمه باز		نمونه‌های تصویری فضاهای نیمه‌باز مدارس			
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	ایوان	ایوانچه		فضاهای نیمه‌باز
		ارتفاع	عرض	ارتفاع	عرض
		5.74	5	4.74	3.48
تناسب هندسی فضاهای نیمه باز	نسبت ارتفاع (b) به عرض نما (a)	1.1a=b	1.3a=b		مستندات تصویری
		1:1.1	1:1.3		
					
					

تحلیل یافته های پژوهش در تصویر ۵، محور افقی نمایانگر مدارس منتخب دوره صفویه و نمودار عمودی نشان‌دهنده تناسبات هندسی موجود است، و نقاط در نمودار فضاهای نیمه‌باز هر مدرسه را نمایش می‌دهند. تحلیل تطبیقی داده‌ها نشان می‌دهد که تناسبات هندسی در طراحی ایوان‌ها و ایوانچه‌های مدارس منتخب دوره صفویه تأثیر زیادی بر ساختار فضایی این بناها داشته‌اند.

در تصویر ۶، داده‌ها نشان می‌دهند که ۵۵ درصد از فضاهای نیمه‌باز مدارس منتخب از تناسب حاصل از تقاطع قطره‌ای شش ضلعی منتظم پیروی می‌کنند. این تناسب، که در معماری ایرانی سابقه دارد، در ایوان‌ها و ایوانچه‌ها به کار رفته است و به ایجاد تعادل فضایی و هماهنگی ابعاد کمک می‌کند. ۲۴ درصد از فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه از تناسب $\sqrt{3}$ و $\sqrt{2}$ استفاده کرده‌اند. این تناسب‌ها در بسیاری از بناهای تاریخی ایران به منظور حفظ تعادل در ابعاد فضاها و ایجاد عملکرد بهینه در فضاهای آموزشی کاربرد داشته‌اند. ۱۷ درصد از فضاها از تناسب مستطیل طلایی بهره برده‌اند. این تناسب در معماری ایرانی به‌ویژه در فضاهای عمومی و نیمه‌باز با هدف حفظ توازن بصری و ایجاد جریان فضایی مؤثر به کار می‌رود. ۴ درصد از فضاهای نیمه‌باز از نسبت ۱:۰.۹ استفاده کرده‌اند. این نسبت در طراحی‌های خاص و در فضاهایی که نیاز به دقت و جزئیات بیشتر در ابعاد داشته‌اند، مشاهده شده است.



تصویر ۵. توزیع تناسب‌های هندسی فضاهای نیمه‌باز (ایوان‌ها و ایوانچه‌ها) در مدارس منتخب دوره صفویه بر اساس داده‌های جدول پیشین. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۶. تحلیل تطبیقی تناسب‌های هندسی در فضاهای نیمه‌باز مدارس دوره صفویه. درصد استفاده از تناسب‌های 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 تناسب‌های معین تبعیت می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که رایج‌ترین تناسب به کار رفته در این فضاها، نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم است. این بررسی‌ها تأکید می‌کنند که تناسب‌های 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 نیمه باز مدارس دوره صفویه. مأخذ: نگارندگان.

نام مدرسه	تناسبت به کار رفته در فضاهای نیمه باز		
	نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم	تناسبات جذر $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$	نسبت مستطیل طلائی
ملا عبدالله	•	•	
جده کوچک		•	•
جده بزرگ	•	•	•
نوریه	•		
میرزا حسین	•	•	•
کاسه گران	•	•	•
نیم آورد	•	•	•
چهارباغ	•	•	•
جلالیه	•		

نتیجه گیری

این پژوهش به بررسی نحوه استفاده از تناسبات طلائی و هندسی در طراحی فضاهای نیمه باز مدارس دوره صفویه در اصفهان پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که این فضاها، شامل ایوان‌ها و ایوانچه‌ها، بر اساس تناسبات طلائی و هندسی از جمله تقاطع شش ضلعی منتظم، تناسبات جذر ۲ و ۳ و مستطیل طلائی طراحی شده‌اند. پرکاربردترین تناسبات به ترتیب شامل نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم، تناسبات $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$ و نسبت مستطیل طلائی بوده‌اند. نسبت تقاطع شش ضلعی منتظم در معماری ایرانی ریشه دارد، در طراحی ایوان‌ها و ایوانچه‌ها به کار رفته 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 کار رفته در آن ۰.۹ بوده که علت آن، فرم خاص دو طبقه ایوان و عملکرد متفاوت آن به عنوان فضای ارتباطی میان دو حیاط است. این نتایج نشان می‌دهد که تناسبات طلائی و سایر تناسبات هندسی نقش برجسته‌ای در طراحی فضاهای نیمه باز 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 طلائی، 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 نیمه باز معماری معاصر با بهره‌گیری از اصول هندسی و تناسبات طلائی 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.

پی نوشت

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

فهرست منابع

۱. ابوالوفای بوزجانی، محمد بن محمد. ۱۳۸۴. هندسه ایرانی: کاربرد هندسه در عمل. تهران: انتشارات سروش.
۲. آیت اللهی، حبیب الله. ۱۳۹۰. مبانی هنرهای تجسمی. تهران: نشر سمت.
۳. پور احمدی، مجتبی، یوسفی، مجتبی، سهرابی، مهدی. ۱۳۹۰. نسبت طول به عرض حیاط و اتاق ها در خانه های سنتی یزد: آزمونی برای نظر استاد پیرنیا درباره مستطیل طلایی ایرانی. نشریه هنرهای زیبا. ۳(۴۷)، ۶۹-۷۹.
۴. پور عبدالله، 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، شاهچراغی، آزاده، و عندلیب، علیرضا. ۱۴۰۱. بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته از طبیعت در اجزای کالبدی خانه های تاریخی (مطالعه ی موردی: خانه های قاجاری اردبیل). باغ نظر، ۱۹(۱۱۰)، ۳۵-۴۸.
۷. حاتمی نصاری، طیبه، نجفی، آراز و فخار، زرین. 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 اهری، زهرا. ۱۳۹۱. مکت اصفهان زبان طراحی شهری در شهرهای کهن. تهران: دفتر پژوهشهای فرهنگی.
۹. حیاتی، حامد، و نوری، امیر مسعود. ۱۴۰۲. مقایسه تطبیقی تناسبات ایوان در مساجد دوره صفویه اصفهان. باغ نظر، ۲۰(۱۲۸)، ۲۶-۱۳.
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، صمدی فرد، زهرا، و شریفیان، سیدعلی. ۱۳۹۴. بازشناسی مفهوم و عملکرد ایوان در معماری ایرانی با تاکید بر تاثیرگذاری در ساختار معماری. کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی.
۱۴. عطاریان، کورش، مؤمنی، کورش و مسعودی، زهره. ۱۳۹۴. بررسی تناسبات حیاط مساجد دوره صفویه اصفهان. مطالعات تطبیقی هنر، ۵(۱۰)، ۶۷-۸۱.
۱۵. فرشچی، حمیدرضا، و مجیدی، مرتضی. ۱۴۰۰. بررسی نظام معماری و تناسبات هندسی حیاط مرکزی و جداره های آن در خانه های تاریخی کاشان (مورد مطالعه: ده خانه ی تاریخی دوره ی 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). نشریه هنرهای زیبا، ۲۲(۲)، ۵۳-۶۲.
۱۸. موسوی، فائزه. ۱۳۹۵. چشم اندازی به عدد طلایی فی. نشاء علم. ۷(۱)، ۵۹-۶۶.
۱۹. مهدی نژاد، جمال الدین، سیروس صبری، رضا، ابراهیم دماوندی، مجید، و عباس پور، جوانه. ۱۳۹۱. طراحی معماری با تکیه بر تعامل زیبایی و عملکرد در طبیعت. هویت شهر، ۶(۱۰)، ۵۹-۶۶.
۲۰. نجفقلی پورکلانتری، نسیم، اعتصام، ایرج، و حبیب، فرح. ۱۳۹۶. بررسی هندسه و تناسبات طلائی در معماری ایران (نمونه مطالعاتی: خانه های سنتی شهر تبریز). مدیریت شهری، ۱۶(۴۶)، ۴۷۷-۴۹۱.

۲۱. هاشمی زرج آباد، حسن، ضیایی نیا، محمد حسن و قربانی، حمیدرضا. ۱۳۹۴. *بازخوانی تحلیل اصول هندسی و تناسب طلایی در مدرسه شوکتیه*. پژوهش های باستان شناسی ایران، ۵(۹)، ۲۰۷-۲۲۲.

22. Posamentier, A. S. & Lehmann, I. 2012. *The glorious golden ratio*. Amherst. N.Y: Prometheus Books=
23. Rezadoost Dezfuli, Raziye, Mehrakizadeh, Mohammad, Safar Ali Najari, Behnaz, Bazazzadeh, Hassan, & Mahdavi-nejad, Mohammadjavadi. 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(2), 57-78.

Referents

1. Abolvafa Buzjani, Mohammad ibn Mohammad. 1384. *Applied geometry*. Tehran: Soroush Publishing.
2. Attarian, Kourosh, Momeni, Kourosh and Masoudi, Zohreh. 2015. *The study of Courtyard Proportions in Safavid Mosques of Isfahan*. *Comparative Art Studies*, 5 (10), 67-81.
3. Ayatollahi, Habibullah. 1390. *The theoretic bases of plastic arts*. Tehran: Samt Publishing.
4. Farshchi, Hamid Reza, and Majidi, Morteza. 1400. *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)*. *Islamic Architecture and Urbanism Culture*, 6(2), 95-112.
5. Habibi, Seyed Mohsen, and Ahri, Zahra. 2012. *The language of urban design in historic cities: Isfahan school*. Tehran: Cultural Research Office.
6. Hashemi Zaraj Abad, Hassan, Zeyaei Nia, Mohammad Hassan, and Qorbani, Hamid Reza. 2015. *Re-reading the Geometric Basics and Golden Ratio of Showkatyeh School*. *Iranian Archaeological Research*, 5(9), 207-222.
7. Hatami Nasari, Tayyebbeh, Najafi, Araz and Fakhar, Zarrin. 1402. *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 Nouri, Amir Masoud. 1402. *Comparative Comparison of Iwan Proportions in Safavid Mosques of Isfahan*. *Bagh-e-Nazar*, 20(128), 13-26.
9. Javadi Nodeh, Mahsa, Shahcheraghi, Azadeh, and Andalib, Alireza. 1401. *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. 1402. *Ancient schools of Isfahan: gradual evolution and formation of the main spaces of schools in line with sustainable architecture over time*. Isfahan: Cheshmeh Afarinsh.
11. Mahmoudi, Abdullah. 2005. *Revisiting the importance of the porch in traditional houses (with a special focus on Bam)*. *Fine Arts Journal*, (22), 53-62.
12. Mehdinejad, Jamaledin, Sirous Sabri, Reza, Ebrahim Damavandi, Majid, and Abbas Pour, Jawaneh. 2012. *Architectural design based on the interaction of beauty and function in nature*. *City Identity*, 6(10), 59-66.
13. Mousavi, Faezeh. 2016. *Perspective on Golden Ratio (ϕ)*. 7 (1), 59-66.
14. Najafgholipour Kalantari, Nasim, Etesam, Iraj, and Habib, Farah. 2017. *Check in architectural geometry and proportions of the golden Iran (Case Study: Tabriz traditional houses)*. *Urban 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. & Lehmann, I. 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, Yousefi, Mojtaba, Sohrabi, Mehdi. 2011. *The Ratio of Length to Width of Yards and Rooms in Traditional Yazd Houses: A Test for Professor Pirnia's Opinion on the Iranian Golden Rectangle*. *Fine Arts Journal*. 3(47), 69-79.

19. Rajaei, Abdolmehdi. 2014. *Pages from the Social History of Contemporary Isfahan*. Isfahan: Jihad Daneshgahi.
20. Rezadoost Dezfuli, Raziye, Mehrakizadeh, Mohammad, Safar Ali Najari, Behnaz, Bazazzadeh, Hassan, & Mahdavi, Mohammad. 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(2), 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*. 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.

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; Corresponding Author:
m.karahmadi@gmail.com

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

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