

مقاله پژوهشی

چگونگی کاربرد تناسبات در گنبدخانه‌های مساجد ایرانی در سبک‌های چهارگانه معماری

حامد حیاتی^{۱*}، سپیده امان^۲

۱- استادیار گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه قم، قم، ایران

چکیده

در معماری ایران آثاری باشکوه وجود دارد که مهندسان با بهره‌گیری از پیمون و هندسه خلق نموده‌اند. تناسب در عین اینکه یک عامل تعیین‌کننده برای هماهنگی است یکی از مسائل همیشگی موردبررسی معماری نیز بوده است. معماران در سبک‌های چهارگانه معماری ایران از تناسبات برای پاسخگویی بهتر به عملکردی بودن فضاها، زیبایی و غنای دید بصری بهره‌مند می‌شدند. در این پژوهش به بررسی تطبیقی و چگونگی کاربرد تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مساجد در چهار سبک معماری ایرانی پرداخته شده است. با توجه به اهمیت مساجد در تمدن اسلامی به نظر می‌رسد در طراحی و ساخت فضای گنبدخانه مساجد از تناسبات مشخصی استفاده شده است که پژوهش حاضر به کشف تناسبات فضای داخلی گنبدخانه در مساجد چهار سبک معماری ایران پرداخته است. با توجه به غیرتصادفی بودن نمونه‌های موردبررسی، ابعاد و اندازه‌های فضای داخلی گنبدخانه مساجد بر مبنای تناسبات با شیوه شبه تجربی و با روش استقرایی تحلیل شده‌اند گردآوری داده‌ها در این پژوهش به شیوه بررسی اسناد و مدارک کتابخانه‌ای، تحلیل نقشه‌ها و داده‌های تصویری است. از بین نمونه‌های موردبررسی تناسبات و هندسه فضای داخلی گنبدخانه در سبک‌های معماری چهارگانه در هر دوره متغیر است. به این ترتیب که مساجد یک سبک دارای تناسبات مشابه باهم می‌باشند ولی در سبک‌های دیگر تناسبات تغییر کرده‌اند. به طوری که در مساجد سبک خراسانی این تناسبات حدود ۰٫۳_۰٫۵، در مساجد سبک رازی بین ۱٫۵_۱٫۲، سبک آذری ۲٫۲_۱٫۵ و سبک اصفهانی بین ۱٫۴_۱٫۳ است.

تاریخ دریافت:

۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۰۷ مهر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

تناسبات

هندسه

معماری ایرانی

مساجد

گنبدخانه

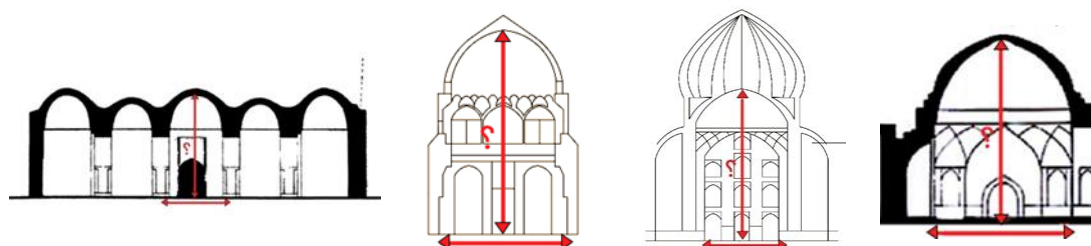
doi : 10.22034/AHDC.2025.23064.1858

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



۱- مقدمه

مساجد مکان‌هایی مقدس برای عبادت خدا در شهرهای اسلامی هستند که با استفاده از پیمون و هندسه در طراحی این فضاها استفاده شده است (فرشچی و همکاران، ۱۴۰۰: ۹۵). مسجد علاوه بر نقش مذهبی خود نقوش سیاسی و اجتماعی بسیار قوی نیز داشته است پس مساجد در میان اندام‌های درون‌شهری هر شهر و روستا همیشه جای ویژه‌ای داشته است. این مکان‌ها یکی از مهم‌ترین بسترهای رشد و تعالی بشر به شمار می‌روند. بررسی و شناخت تناسبات و هندسه‌ی مساجد می‌تواند نقش بسیاری در استفاده از تناسبات در بناهای آینده ایفا کند (نسترن پور، ۱۴۰۱: ۷). معماری بناهای مساجد از عوامل مختلفی تأثیر گرفته‌اند مانند عوامل نظامی، اقلیمی، اقتصاد و... (عباس زاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۴). در این بناها از هندسه و تناسبات خاصی به‌کارگیری شده که دارای نسبت‌های ویژه‌ای میان اجزای مختلف در این بناها را شامل می‌شود. تناسبات که از هندسه و ریاضی نشأت گرفته شدند ارزش بالایی در درک فضا دارد و از عوامل مهم در معماری ایرانی هستند که هدف آن پدید آوردن نظم و ارتباط سازمان دهنده میان بخش‌های یک بنا هست (عطاریان و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۷). تناسبات عامل تعیین‌کننده‌ای در هماهنگی شکلی و زیبایی‌شناسانه است و ارزشی ذهنی است و فقط در ارتباط با شکل قابل بررسی است (گروتر، ۱۳۸۶: ۳۶۰). مسلمانان هندسه را دانش مهمی برمی‌شمردند و در پیروی از سنت کلاسیک آن را هم‌طراز ریاضیات، ستاره‌شناسی و موسیقی قرار می‌دادند (الاسعد، ۱۳۷۶: ۳۶). معماری اسلامی ایران در دوره‌های مختلف تاریخ، در حوزه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس نگرش و نوع ارزش‌گذاری، به دسته‌های مختلفی سبکی تقسیم می‌شوند. یافته‌ها حاکی از آن است که اصل و منطق حاکم بر تقسیم‌بندی معماری سبک‌های ایرانی از نظر مرحوم پیرنیا، کامل‌ترین تفکیک سبکی باشد که از نظر شمار زیادی از اندیشمندان مورد تأیید است (سعادت جو و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶). فضای داخلی گنبدخانه در مساجد از اصلی‌ترین اجزای بنا محسوب می‌شود در این پژوهش به مقایسه تطبیقی تناسبات و هندسه‌ی مورد استفاده در طراحی فضای داخلی (گنبدخانه) مساجد در سبک‌های چهارگانه معماری ایرانی (خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی) از جمله در سبک خراسانی (مسجد جامع فهرج، مسجد جامع بروجرد)، در سبک رازی (مسجد جامع اردستان، مسجد جامع اصفهان، مسجد جامع گلپایگان، مسجد جامع زواره، مسجد جامع کبیر قزوین و حرم مطهر حضرت عبدالعظیم (علیه‌السلام))، در سبک آذری (مسجد جامع یزد، مسجد گوهرشاد، مسجد امیر چخماق یزد، مسجد کبود تبریز، گنبد سلطانیه زنجان و مسجد جامع ورامین) و در سبک اصفهانی (مسجد امام اصفهان، مسجد حکیم، مسجد مدرسه چهارباغ، مسجد شیخ لطف‌الله و مدرسه امام خمینی کاشان) پرداخته شده تا از یک سو تناسبات به کار گرفته شده در این بناها مشخص شود و از نظر دیگر، اشتراکات و هماهنگی‌های میان هندسه‌ی فضای داخلی گنبدخانه در این بناهای اسلامی ایرانی آشکار گردد. در ادامه پس از معرفی تناسبات هندسی شناخته شده از جمله مستطیل‌های مشتق از مربع شاخص و شش‌ضلعی منتظم، تناسبات فضای داخلی گنبدخانه هر بنا با نسبت‌های شاخص تطبیق داده شده است. سپس برای هر مورد جداولی ارائه گردیده که در نهایت نیز جدولی تطبیقی جهت مقایسه نسبت‌های تمامی مورد مطالعه ارائه شده است و نتایج حاصل از پژوهش بیان گردیده است.



تصویر ۱: مقایسه تطبیقی تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مساجد شیوه‌های چهارگانه معماری ایرانی (از چپ به راست به ترتیب: مسجد جامع فهرج، سبک خراسانی - مسجد جامع اردستان، سبک رازی - مسجد گوهرشاد، سبک آذری - مسجد حکیم، سبک اصفهانی).

۲- پیشینه تحقیق

سابقه‌ی بررسی چنین موضوعی در تألیفات داخلی و خارجی به صورت کلی و محدود به بررسی ویژگی‌های پلان معماری و عدم توجه به تناسبات اجزای ارتفاعی خصوصاً در زمینه بررسی ارتفاع گنبدخانه مساجد است که صرفاً محدود به بناهای اندک و شاخص است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

در آثار معماری مقاله‌ی بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته‌شده از طبیعت در اجزای کالبدی خانه‌های تاریخی مطالعه موردی خانه‌های قاجاری اردبیل (نوده و همکاران، ۱۴۰۱: ۳۵) می‌توان اشاره نمود که با بهره‌گیری از تناسبات گرفته‌شده از طبیعت در معماری بناهای سنتی به بررسی کالبد خانه‌های تاریخی اردبیل پرداخته که میزان سازگاری تناسبات هندسی متداول در خانه‌های ایرانی را ارائه کرده است. (عباسی و همکاران ۱۳۹۸) با بررسی دیدگاه‌های ریاضی‌دانان مسلمان، پیوند حکمت و هندسه را مورد توجه قرار داده و بر دو رویکرد «هندسه شکلی» و «هندسه حکمی» انگشت گذاشته‌اند. افزون بر آن، (بمانیان، اخوت و بقایی ۱۳۸۹) بر سابقه تاریخی و پیوند ریاضیات و طبیعت در معماری اسلامی تأکید دارند. دیگر پژوهش مورد مطالعه تحلیلی بر سیر تحول مفاهیم و الگوی کالبدی مساجد در سبک‌های چهارگانه معماری ایرانی (سعادت جو و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۶) که به تناسبات و هندسه در مساجد پرداخته و نسبت‌های فضای اصلی عبادی مساجد متعدد را در شیوه‌های مختلف بررسی کرده که نشان داده در سبک‌های مختلف تناسبات متغیر بوده بدین ترتیب که در مساجد سبک خراسانی حدود ۰/۵-۰/۳ در مساجد سبک رازی ۰/۵-۱/۲، سبک آذری ۲/۲-۱/۵ و سبک اصفهانی بین ۱/۴-۱/۳ است.

تحقیق دیگر تحلیل هندسی نظری و عملی و تناسبات گنبد دپوخته مسجد جامع عباسی اصفهان (فیض اله بیگی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۹) که به تحلیل فضای گنبدخانه و گنبد در پلان و مقطع از لحاظ تناسبات پرداخته است. از دیگر نتایج این پژوهش این است که از دانش بومی مرتبط با طراحی و ساخت گنبد‌های دپوخته گسسته اشاره کرد که به دلیل تبعیت این دانش بومی از قواعد هندسه و ریاضیات می‌تواند در طراحی و ساخت سازه‌های پوسته مدرن سودمند باشد. در ادامه مقاله‌ی الگوهای هندسی و تناسبات طلایی، زبان مشترک معماری و هنر در روستای ابیانه (بلیان و همکاران ۱۳۹۸، ۵۱: ۶۱) که اقدام به شناخت الگوهای هندسی موجود، در معماری پرداخته و به نحوه ترسیم مستطیل طلایی در بناهای مسکونی و مذهبی پرداخته که چگونه پلان‌ها با توجه به تقسیم طلایی ترسیم شده‌اند و در ادامه به نحوه ترسیم مستطیل طلایی در بناهای مسکونی مذهبی پرداخته و سپس به ساختار بندی طلایی پلان مذهبی در نرم‌افزار پی ایچ آی پرداخته است. مقاله دیگر ریخت‌شناسی هندسی صحن مساجد اسلامی ایران (نسترن پور و همکاران، ۱۴۰۱: ۷) که به شناسایی روابط ریاضی و تناسبات در معماری صحن مساجد پرداخته و ۹ مسجد تیموری و صفوی و قاجاری را مورد تحلیل عددی با مبنای محاسبات طولی - اقلیدسی و مقیاس نسبت‌های موجود در پلان صحن مساجد مورد بررسی قرار داده است. پژوهش دیگری با عنوان بررسی نظام معماری و تناسبات هندسی حیاط مرکزی و جداره‌های آن در خانه‌های تاریخی کاشان (مورد مطالعه: ده خانه‌ی تاریخی دوره قاجار شهر کاشان (فرشچی و همکاران، ۱۴۰۰: ۹۶) که هدف آن استخراج تناسبات هندسی به کار گرفته‌شده در طراحی حیاط مرکزی و جداره‌های آن در ده خانه تاریخی کاشان را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده را مورد بررسی قرار داده است که نتایج کسب‌شده نشان‌دهنده تناسبات غالباً یکسانی میان ایوان‌های هر دوره مشاهده می‌شود که از تناسبات طلایی هندسی استفاده شده است. پژوهش دیگری که مورد بررسی قرار گرفت مقاله‌ی مقایسه تطبیقی تناسبات ایوان در مساجد دوره‌ی صفویه اصفهان (حیاتی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۰) که به بررسی تناسبات هندسی ایوان‌ها در هفت مسجد به عنوان نمونه هدفمند پرداخته است.

در این پژوهش ابتدا به تعاریفی از تناسبات ایرانی و نحوه ترسیم هندسی مستطیل طلایی پرداخته‌شده و سپس تناسبات نمونه‌هایی در دوره‌ی صفویه اصفهان را مورد کنکاش قرار داده است. در عرصه بین‌المللی نیز، (Amer & Gaber 2019) از کدهای هندسی به عنوان مولد طرح در معماری‌های یونانی، رومی و اسلامی یاد کرده و (Wang 2022) بر اهمیت تناسبات ریاضی مانند $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$ در ساختار فضایی معماری سنتی چین متمرکز شده است. همچنین، (Telleria Julian

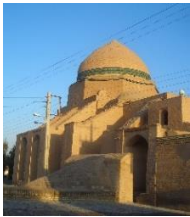
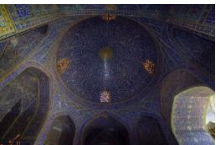
(et al, 2020) با مطالعه خانه‌های مزرعه‌ای قرن پانزدهم در گوپیازکوا (قرقیزستان)، بر نقش نسبت طلایی در فرم معماری تأکید نموده‌اند و (Cohen & Delbeke 2019) چارچوب سیستم‌های تناسبی را عامل کلیدی در زیبایی‌شناسی و استواری سازه‌های بناهای تاریخی می‌دانند. در تحقیقی دیگر با موضوع تناسبات هندسی، ساختار زیربنایی فرآیند طراحی برای الگوهای هندسی اسلامی (Dabour, 2012) به بحث در مورد نسبت‌های هندسی که به‌عنوان ابزار طراحی، به‌ویژه برای طراحی الگوی اسلیمی عمل می‌کنند، پرداخته شده است. نقش کلیدی هندسه در الگوهای اسلامی در رابطه با تناسباتی که به‌عنوان ساختار زیربنایی فرآیند طراحی عمل می‌کنند، مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین در این مقاله به تحلیل اصول هندسی و ویژگی‌های طراحی الگوهای سنتی اسلامی می‌پردازد که شامل تحلیل تناسبات هندسی می‌شود و ترکیبات الگوهای اسلامی را از منظر کیهان‌شناسی اسلامی، فلسفه و متافیزیک هندسه توصیف می‌کند که می‌توان آن را پیروی از یک اصل از پیش تعیین‌شده طراحی هندسی و تناسبی با دقت بالا و دقت زیاد دانست. در مقاله‌ای دیگر تحت عنوان مطالعه و بررسی ادراکات دانشجویان اردنی در مورد نسبت طلایی (Shamaileh, 2022) به بحث در مورد اهمیت نسبت طلایی در مفاهیم طراحی داخلی تمرکز می‌شود و نویسنده پی می‌برد که واکنش‌های شرکت‌کنندگان معنی‌دار بوده، زیرا آنها فرم‌های مبتنی بر نسبت طلایی را جذاب‌تر و راحت‌تر از فرم‌های عادی ارزیابی کردند و بر اساس یافته‌ها، محقق پیشنهاد می‌کند که نسبت طلایی در طراحی داخلی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. در اینجا ذکر این مهم ضروری به نظر می‌رسد که در تحقیقات قبلی خلأ اصلی در تحلیل سیر تحول و چگونگی کاربرد تناسبات در فضای داخلی گنبدخانه مساجد تاریخی سبک‌های چهارگانه است. بر همین اساس چهارچوب کلی پژوهش، به‌طور هدفمند بر اساس تحلیل تناسبات "فضای داخلی گنبدخانه" مساجد در سبک‌های "چهارگانه" معماری ایرانی تعریف می‌شود.

۳- مبانی نظری

بیشتر مساجد سبک خراسانی کالبدی ساده و بی‌آلایش که اغلب مشابه ساختمان‌های سبک پارتی است (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۱۴۰). از دیدگاه نیارشی، در این سبک بلندای پاکار قوس و بلندای بنا را کم می‌گرفتند (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۱۴۱). بیشتر طاق‌ها دارای چفد مازهدار بودند که امکان ساخت دهانه‌هایی با ابعاد کوچک را فراهم می‌کردند. در نتیجه مساجد این دوران دارای فضاهای کوچک و تاریک بوده‌اند که منجر به خلق دهانه‌هایی با ابعاد و ارتفاع محدود شده است (سعادت جو و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۵-۱۸). معماری سبک رازی را می‌توان مجموعه‌ای از تمام معماری‌های گذشته ایران دانست که با نغزکاری پارسی و شکوه پارتی همراه بود (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۱۶۸-۱۵۸). در این شیوه برخلاف شیوه قبل مساجد عنصر شهری شاخص بودند. گنبدها و مناره‌های مرتفع و شکست در نما بسیار قابل توجه بوده است. در این سبک به دلیل پیشرفت در ساخت تاق و گنبد بر پایه چفد تیزه‌دار که ظرفیت باربری بیشتری در مقایسه با چفدهای مازهدار دارند شبستان‌ها با دهانه عریض و گنبد مرتفع برپا می‌شده است. در عین حال ورودی در این مساجد با بدنه خارجی هم‌ارتفاع بودند (سعادت جو و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۵-۱۸).

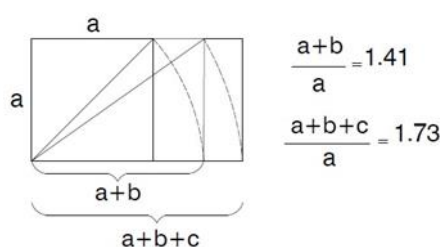
در سبک آذری برخلاف سبک رازی که آجرکاری نماسازی همراه با سفت‌کاری انجام می‌شد، نخست سفت‌کاری ساختمان را اجرا می‌کردند و سپس آمود به آن افزوده می‌شد (پیرنیا، ۱۳۸۶: ۲۲۲). در این سبک تنوع در نوع آرایه و کثرت در نقوش گیاهی قابل مشاهده است. در این سبک مساجد جدا از بافت ساخته می‌شدند و دارای سردر و مناره‌های بسیار بلند بودند که در شاخص کردن بنا کمک می‌کرده است. در این سبک همچنین پیشرفت فناوری به معماران کمک کرد تا گنبدهای رفیع مانند مسجد گوهرشاد بر پا کنند. عناصری نظیر سردر و گنبد دپوخته‌ی بلند در متمایز کردن مساجد نقش مهمی ایفا کردند (سعادت جو و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۶-۱۸).

جدول ۱: معرفی سبک‌ها و نمونه‌هایی از مساجد

سبک	شروع دوره	مشخصات دوره	مساجد مورد بررسی	نمای بیرونی بعضی از نمونه‌ها	فضای داخلی گنبدخانه بعضی از نمونه‌ها
خراسانی	پس از ورود اسلام آغاز و تازمان آل‌بویه و دیلمیان ادامه داشته است	استفاده از مصالح بوم آورد- سادگی تا حد امکان- کم ارتفاع بودن بناها- مردم‌واری	مسجد جامع فهرج مسجد جامع بروجرد	 مسجد جامع فهرج	
رازی	از اواخر دوره سامانیان آغاز سلجوقیان و خوارزمشاهیان	استفاده از مصالح مرغوب- گنبد دوپوخته- تبدیل مساجد شیستانی به چهارایوانی- گره سازی- طاق پتکانه-	مسجد جامع اردستان- مسجد جامع اصفهان- مسجد جامع گلپایگان- مسجد جامع زواره- مسجد جامع کبیر قزوین- حرم حضرت عبدالعظیم حسنی (علیه السلام)	 مسجد جامع اردستان	
آذری	آذری اول: با حکومت هلاکوی مغول آغاز شد آذری دوم: زمان تیموریان	آذری اول: بناهای عظیم- ساختمان گنبددار- تناسب عمودی- بهره‌گیری از هندسه آذری دوم: ساخت ساقه یا گلوگاه بین فضای گنبد و گنبدخانه	مسجد جامع یزد- مسجد گوهرشاد- مسجد امیرچخماق- مسجد کبود تبریز- گنبد سلطانیه- مسجد جامع ورامین	 مسجد گوهرشاد	
اصفهانی	دوره صفویه تا قاجار	نسبت به آذری ساده شدند- بهره‌گیری از اندازه‌های یکسان- گنبد گسسته میان تهی- کاربرد تاق و گنبد متنوع	مسجد جامع امام اصفهان- مسجد حکیم- مدرسه سلطانی (چهارباغ)- مسجد شیخ لطف‌الله- مدرسه امام خمینی (ره) کاشان	 مسجد مدرسه چهارباغ	

یکی از دانش‌هایی که از قدیم برای سازمان‌دهی به شکل و کالبد فضا به کار گرفته شد، هندسه است: هندسه دانشی است که به ویژگی‌ها و روابط میان شکل‌ها و اندازه‌ها می‌پردازد (نقره‌کار، ۱۳۸۷: ۳۶۰). تناسبات مجموعه‌ای از نسبت‌هاست، نسبت مقایسه دو کیفیت یا کمیت نظیر اندازه یا مقدار است و از این رو نسبت‌ها نشان‌دهنده واحدی از یک اختلاف یا تفاوت تلقی می‌شوند (Karier, 1988: 7). برای تناسب تعاریف گوناگونی قائل شده‌اند. منظور از تناسب در معماری نسبتی است که بیان‌کننده رابطه‌ی بین دو یا چند اندازه است. منظور از تناسب در معماری نسبتی است که بیان‌کننده رابطه بین دو یا چند اندازه است (Kurt Grütter, 1987: 360). سیستم تناسبات معماری اسلامی بر اساس خواص هندسی مربع، مربع مضاف، مثلث متساوی‌الاضلاع و پنج‌ضلعی که برابر با اعداد اصم هستند قرار دارند (Golombek & Wilber, 1988: 194). در معماری سنتی ایران نسبت‌های طلایی هماهنگ با طبیعت تجسم شده است. نسبت طلایی علاوه بر استاد پیرنیا

توسط اشخاص حاذق دیگری مانند ابوالوفای بوزجانی، ابواسحاق کوبنایی و... بارها بیان شده و مورد تأکید قرار گرفته است (پور احمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۱). نسبت طلایی یک عدد خاص در علوم هنر، معماری و طراحی است که از گذشته بسیار دور قابل توجه بسیاری از هنرمندان بوده است (حیاتی، ۱۴۰۳: ۵۸). تقسیم طلایی عبارت است از تقسیم پاره خط به دو قسمت به گونه ای که نسبت طول قطعه بزرگ تر به طول تمام پاره خط، مساوی با طول قطعه کوچک تر به قطعه بزرگ تر بوده و معادل آن به صورت اعشاری در حدود $1/681$ است (Lu & Steinhardt, 2007: 1108). نسبت طلایی را عدد فی نیز می نامند (Putz, 1995: 275). مستطیلی که نسبت طول به عرض آن برابر $1,73$ باشد مستطیل طلایی ایرانی است. با توجه به این موضوع مطابق تصویر ۱ عدد $1,41$ نیز جزئی از تناسبات به کار گرفته شده در ترسیم این مستطیل هست (عطاریان و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۱). همچنین نسبت های طلایی می توانند در شش ضلعی منتظم محاط شوند، زیرا مطابق تصویر ۱ به دلیل طریقه ی رسم مورد توجه مهندسی و معماران ایرانی بوده است (پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۵۵) از این جهت علاوه بر عدد $1,41$ و $1,73$ اعداد $1,15$ و $2,31$ از تناسبات به دست آمده از مستطیل محاط در شش ضلعی منتظم است.

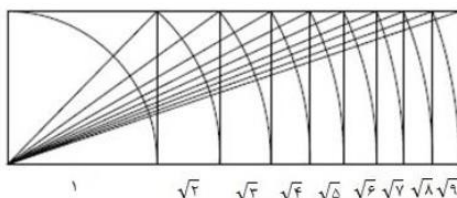


شکل ۲: گام های ترسیم مستطیل طلایی و نسبت های برآمده از آن (مأخذ: بلیان، ۱۳۹۸: ۵۲)

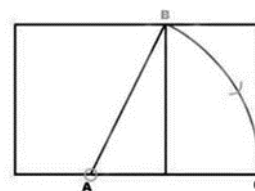
اصولاً می توان دو نوع تناسب را مشخص کرد: تناسب ریاضی و تناسب هندسی. تناسب ریاضی بر اساس یک واحد با مقدار ثابت است و گویای نسبت عددی هر اندازه ی دیگر به این واحد یا مدول است. نسبت طلایی نمودار یک تناسب هندسی است. به این ترتیب به دست می آید که یک پاره خط به گونه ای دو قسمت می شود که نسبت قطعه ی بزرگ تر به قطعه ی کوچک تر برابر است با جمع کل قطعه ی بزرگ تر کوچک تر تقسیم به قسمت بزرگ تر است. که فرمول جبری آن:

$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = 1.618...$$

شکل ۳: نسبت طلایی با استفاده از پاره خط (آیت اللهی، ۱۳۸۹: ۱۹۸)

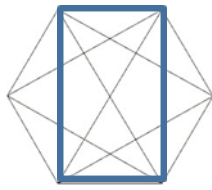


شکل ۵: نحوه گسترش مستطیل طلایی و تناسبات جذر (بوزجانی، ۱۳۸۴: ۱۲۵)

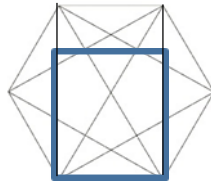


شکل ۴: نحوه ترسیم هندسی مستطیل طلایی به کمک مربع (بوزجانی، ۱۳۸۴: ۱۲۲)

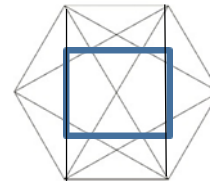
یکی دیگر از این نسبت ها تناسبات به دست آمده از شش ضلعی منتظم است که اندازه مستطیل به دست آمده از شش ضلعی منتظم $\sqrt{3}$ است که مستطیل افلاطونی شهرت دارد (آیت اللهی، ۱۳۹۰: ۱۹۱) (شکل ۵ و ۴).



۱:۱/۷



۱:۱/۱۸



۱:۱/۳

شکل ۶: شش ضلعی‌های منتظم و مستطیل‌های مشتق از آن (باز ترسیم توسط نگارندگان)

از تقاطع‌های شش ضلعی منتظم، چهارضلعی دیگری نیز در وسط به دست می‌آید که نسبت ابعاد آن ۱:۱/۷ است (مستغنی، ۱۳۷۴:۵۴۲). دیگر چهارضلعی‌های حاصل از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم، مستطیل‌هایی با نسبت ۱:۱/۱۸ و ۱:۱/۳ است (شکل ۶).

۳-۱- متغیرها و روش اندازه‌گیری متغیرها

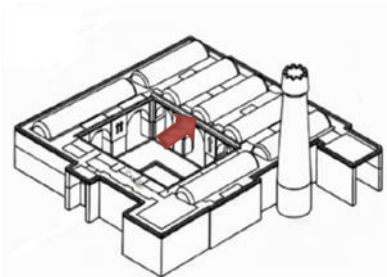
مشخصات فیزیکی گنبدخانه شامل قطر داخلی گنبد، قطر خارجی گنبد، ارتفاع بیرونی گنبد، ارتفاع داخلی فضای گنبدخانه، ارتفاع مسجد، تناسبات بیرونی گنبد و تناسبات داخلی گنبدخانه متغیرهایی هستند که در نمونه‌های منتخب، بررسی و آمار توصیفی آنها تبیین می‌گردد. دهانه داخلی قطر دایره‌ای است که گنبد بر آن ساخته شده است. بیشترین قسمت قطر گنبد از خارج، به‌عنوان قطر بیرونی لحاظ شده است. ارتفاع داخلی، ارتفاع از کف زمین تا تیزه داخلی گنبد و ارتفاع گنبد، ارتفاع از پای گنبد تا تیزه گنبد است. در گنبدهای ساقه‌دار، ارتفاع ساقه گنبد نیز محاسبه شده است. ارتفاع از کف زمین تا تیزه خارجی گنبد به‌عنوان ارتفاع خارجی، تناسبات داخلی از تقسیم دو متغیر ارتفاع داخلی بر دهانه داخلی و در نهایت تناسبات گنبد، حاصل تقسیم قطر بیرونی بر ارتفاع گنبد است (حسینی، ۱۴۰۳: ۲۹). جهت برداشت مشخصات فیزیکی موردنیاز، از اسنادی که عمدتاً توسط سازمان میراث فرهنگی، به‌منظور مستندسازی بناهای تاریخی کشور منتشر شده و حاوی نقشه‌های آثار تاریخی است، استفاده گردید. کتب گنجنامه (مساجد جامع و مساجد) و پرونده‌های ثبتی مساجد تاریخی کشور از منابع دیگر هستند.

۴- نمونه‌های موردبحث

جهت بررسی تناسبات به کار گرفته شده در فضای داخلی (گنبدخانه) مساجد از متغیرهای ارتفاع و عرض فضا استفاده شده و تناسبات طلایی در نما به‌طور مجزا مشخص شده است. به ترتیب با توجه به سبک‌های چهارگانه معماری ایرانی به بررسی نمونه‌ها پرداخته شده است. جامعه آماری تحقیق، مساجد گنبدخانه‌ای چهار سبک تاریخی خراسانی، رازی، آذری و اصفهانی است. از دلایل دیگر انتخاب هدفمند نمونه‌های مورد مطالعه در سبک‌های چهارگانه می‌توان به موارد مسجد جامع بودن آنها، گنبدخانه‌ایی بودن مساجد، تاریخی بودن، سالم بودن، مورد مطالعه قرار گرفتن و اندام‌مند بودن اجزای ارتفاعی (فضای گنبدخانه) و عدم مداخلات مرمتی از نظر تناسبات هندسی اشاره نمود. بدیهی است با توجه به رویکرد حاکم بر این پژوهش از نظر نحوه تحلیل تناسبات هندسی بررسی همه مساجد در سبک‌های چهارگانه در صرف این پژوهش میسر نیست. ولیکن نمونه‌های منتخب با روش تصادفی به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که از نظر تناسبات هندسی تا حدی نمایندگی دیگر مساجد هر سبک را می‌نمایند. لذا این تعداد، دربرگیرنده تعداد عمده‌ای از کل جامعه آماری است.

۴-۱- سبک خراسانی

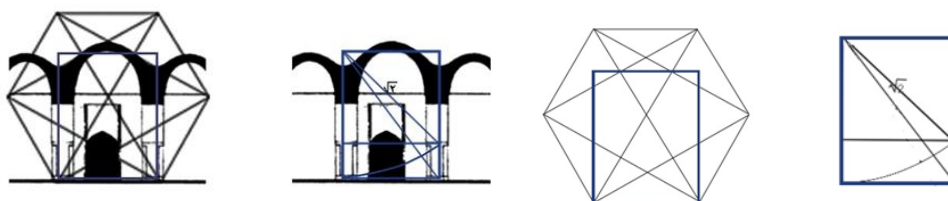
۴-۱-۱- تناسبات فضای عبادی مسجد جامع فهرج



شکل ۷: پرسپکتیو مسجد جامع فهرج

بنای مسجد جامع فهرج با سبک خراسانی مربوط به قرن اول هجری و مانند مساجد صدر اسلام فاقد گنبد و دارای طرحی بسیار ساده و بی‌پیرایه است. درواقع می‌توان این امر را از نکات و ویژگی‌های بارز معماری در ساخت مساجد ایرانی و دوران اولیه‌ی اسلام در نظر گرفت. مساجد از سده پنجم هجری کم‌کم گنبدخانه در کنار مسجد شبستانی بنیاد می‌شود که گاه گسیخته و گاه پیوسته بوده است (پیرنیا، ۱۳۹۲، ۴۲).

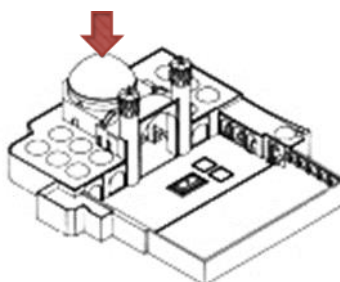
ابعاد مستطیل پیرامون فضای عبادی و همچنین نسبت ارتفاع فضای عبادی به عرض آن ۰٫۷ است (در این مورد مساحت فضا نسبت به ارتفاع در نظر گرفته شده است). با توجه به مساحت فضای زیر طاق گهواره‌ای و مطابق توضیحات پیش‌ازین مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است که نسبت ۱٫۳ است و طبق توضیحات داده‌شده مستطیل به‌دست‌آمده طبق تعریف برابر با $\sqrt{2}$ است (شکل ۸).

شکل ۸: مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱٫۳ و $\sqrt{2}$

جدول ۲: بررسی تناسبات هندسی فضای عبادی

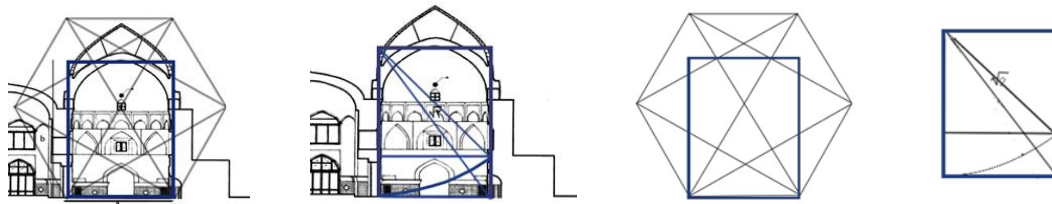
جایگاه فضای عبادی در پلان	نمای فضای عبادی در مقطع	نسبت ابعاد فضای عبادی		
		نسبت ارتفاع به عرض فضای عبادی	نسبت ابعاد عمودی به افقی	تناسبات هندسی فضای عبادی
		$b = 7/4$ $a = 2 * 5/1$ $b = 0.7 a$		
				$b = 0.7 a$

۴-۱-۲- تناسبات فضای عبادی مسجد جامع بروجرد



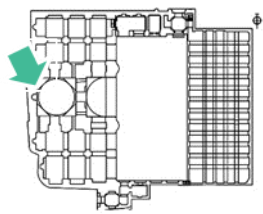
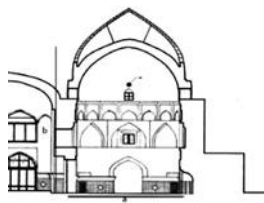
شکل ۹: پرسپکتیو مسجد جامع بروجرد

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۳ است و مطابق توضیحات پیش‌ازین حدوداً برابر با مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم است. طبق توضیحات داده‌شده مستطیل به‌دست‌آمده نزدیک به $\sqrt{2}$ است (شکل ۱۰).



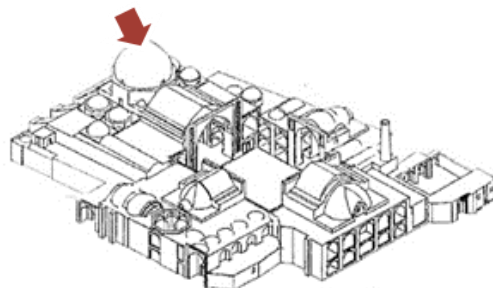
شکل ۱۰: مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۳ و $\sqrt{2}$

جدول ۳: بررسی تناسب‌های هندسی فضای عبادی

جایگاه فضای عبادی در پلان	نمای فضای عبادی در مقطع	نسبت ابعاد فضای عبادی		
		نسبت ارتفاع به عرض فضای عبادی	نسبت ابعاد عمودی به افقی	تناسبات هندسی فضای عبادی
		$b=15$ $a=12$ $b=1/3 a$	نسبت ارتفاع به عرض فضای عبادی	نسبت ابعاد عمودی به افقی
		$b=1/3 a$		تناسبات هندسی فضای عبادی

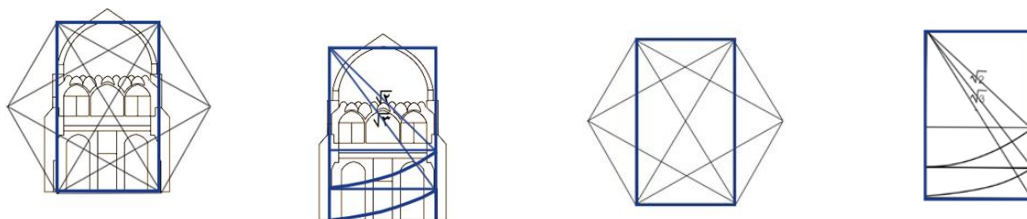
۲-۴- سبک رازی

۲-۴-۱- تناسب‌های فضای داخلی گنبدخانه مسجد جامع اردستان



شکل ۱۱: پرسپکتیو مسجد جامع اردستان

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی به عرض آن ۱:۱,۷ است لذا از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم این مستطیل به‌دست‌آمده است. طبق توضیحات داده‌شده مستطیل به‌دست‌آمده برابر با $\sqrt{3}$ است (شکل ۱۲).

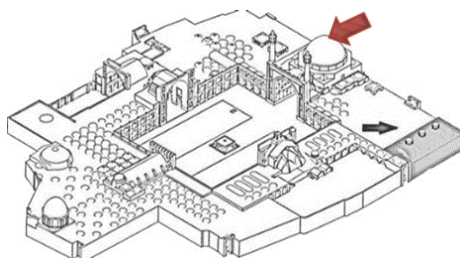


شکل ۱۲: مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱,۷ و $\sqrt{3}$

جدول ۴: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه		۱۰,۰۰	۱۱,۶۰	۷,۵۵
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه					
$b=19/5$ $a=11/2$ $b=1/7 a$					
$b=1/7 a$					

۴-۲-۲- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد جامع اصفهان

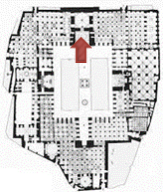
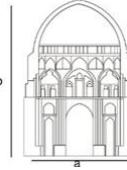


شکل ۱۳: پرسپکتیو مسجد جامع اصفهان، مکان فضای داخلی گنبدخانه مورد بررسی

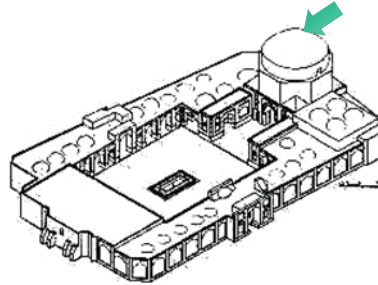
ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۱,۸ است که تناسباتی نزدیک به مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم عدد ۱,۷ را دارا است. لازم به ذکر است که تناسب $\sqrt{3}, 24$ نزدیک به عدد $\sqrt{3}$ در مستطیل طلایی در نظر گرفته شده است (شکل ۱۴).

شکل ۱۴: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱,۸ و $\sqrt{3}, 24$

جدول ۵: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

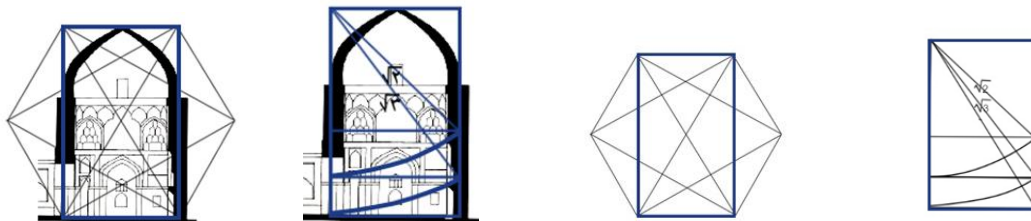
نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه		۱۵,۲۰	۱۸,۶۰	۱۱,۷۷
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه					
$b=19/5$ $a=10/5$ $b=1/8 a$					
$b=1/8 a$					

۴-۲-۳- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد گلپایگان

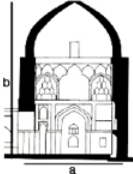
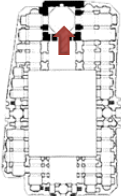


شکل ۱۵: پرسپکتیو مسجد جامع گلپایگان، مکان فضای داخلی گنبدخانه مورد بررسی

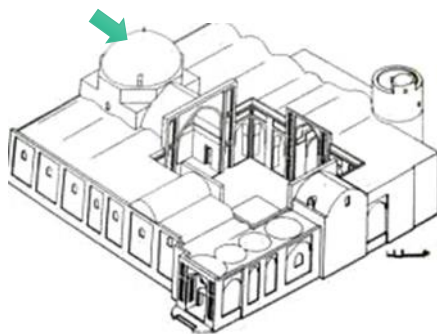
ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن $۱:۱,۸$ است و تناسباتی نزدیک به مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم عدد $۱,۷$ را دارا است. لازم به ذکر است که تناسب $\sqrt{۳},۲۴$ نزدیک به عدد $\sqrt{۳}$ در مستطیل طلایی در نظر گرفته شده است (شکل ۱۶).

شکل ۱۶: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد $۱:۱,۸$ و $\sqrt{۳},۲۴$

جدول ۶: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

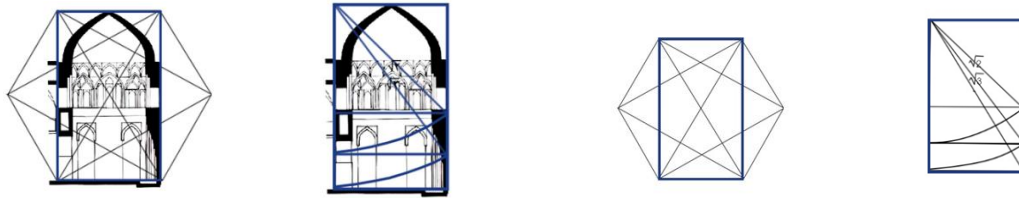
نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه			نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه	$b=۲۲$ $a=۱۲$ $b=۱٫۸$ a			۱۰٫۹۰	۱۳٫۴۶	۱۵٫۳۰
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه		$b=۱٫۸ a$					

۴-۲-۴- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد جامع زواره



شکل ۱۷: پرسپکتیو مسجد جامع زواره

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن $۱:۱,۸$ است و تناسباتی نزدیک به مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم عدد $۱,۷$ را داراست. لازم به ذکر است که تناسب $\sqrt{3}, 24$ نزدیک به عدد $\sqrt{3}$ در مستطیل طلایی در نظر گرفته شده است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد $۱:۱,۸$ و $\sqrt{3}, 24$

جدول ۷: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

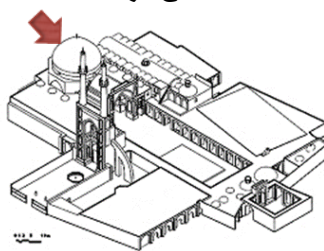
نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه	$b=14$ $a=7,5$ $b=1,8 a$			$5,10$
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه	$b=1,8 a$			$9,50$	

تحلیل نمونه‌های دیگر

بنا	تحلیل تناسبات	تحلیل مقطع
۵. مسجد جامع کبیر قزوین	مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد $۱:۱,۷$ و مستطیل طلایی $\sqrt{3}$	
۶. حرم حضرت عبدالعظیم (ع) ری	مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد $۱:۱,۷$ و مستطیل طلایی $\sqrt{3}$	

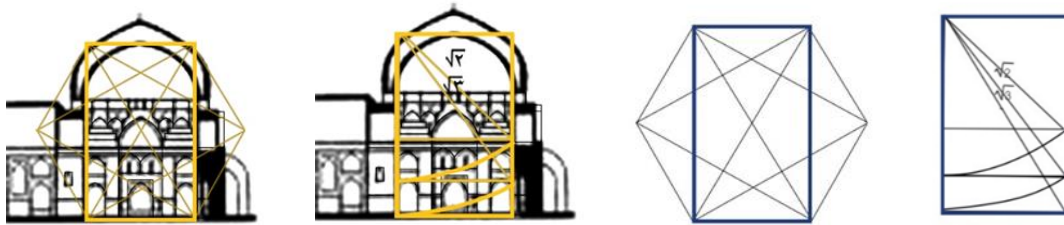
۴-۳- سبک آذری

۴-۳-۱- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد جامع یزد



شکل ۱۹: پرسپکتیو مسجد جامع یزد

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۱,۷ است و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. طبق توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده برابر با $\sqrt{3}$ است (شکل ۲۰).

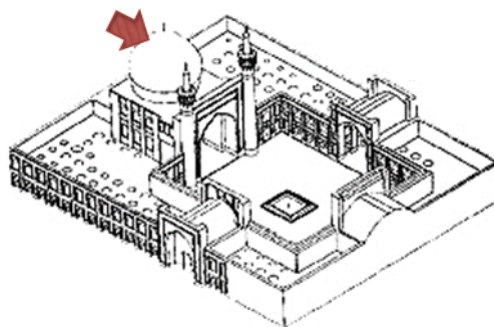


شکل ۲۰: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱,۷ و $\sqrt{3}$

جدول ۹: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

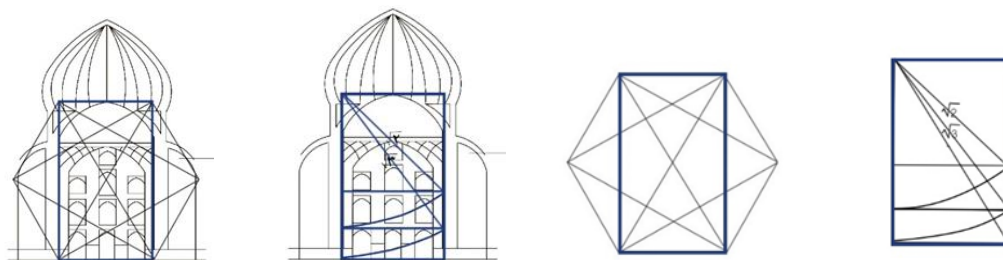
ارتفاع بیرونی گنبد	قطر خارجی گنبد	دهانه	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه		
					نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه	نسبت ابعاد عمودی به افقی	تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه
۱۱,۵۸	۱۷,۷۰	۱۴,۷۰			$b=29$ $a=17$ $b=1/7 a$		
						$b=1/7 a$	

۲-۳-۴- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد گوهرشاد



شکل ۲۱: پرسپکتیو مسجد جامع گوهرشاد

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱,۷ است و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم بسیار کوچک تر از نسبت در فضای داخلی گنبدخانه این مسجد است که این نشان دهنده ارتفاع زیاد این گنبد به فضای گنبدخانه است. طبق توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده برابر با $\sqrt{3}$ است (شکل ۲۲).

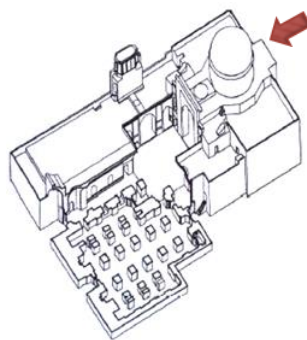


شکل ۲۲: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱٫۷ و $\sqrt{3}$

جدول ۱۰: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

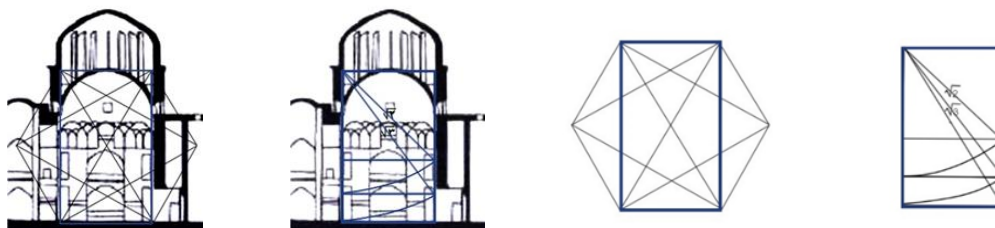
نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه		۱۵٫۲۰	۲۱٫۲۰	۲۰٫۰۰
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه	$b = 1/7 a$				

۳-۳-۴- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد امیرچخماق یزد



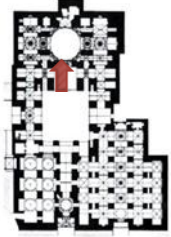
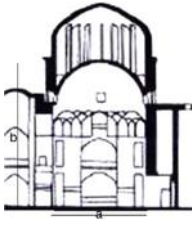
شکل ۲۳: پرسپکتیو مسجد امیر چخماق یزد

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۱٫۷ است و مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. بر اساس توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده برابر با $\sqrt{3}$ است (شکل ۲۴).

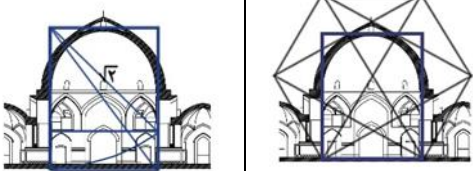
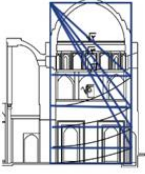


شکل ۲۴: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱٫۷ و $\sqrt{3}$

جدول ۱۱: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

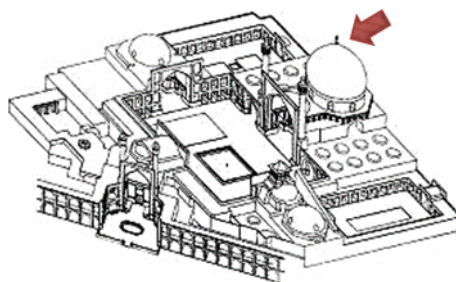
ارتفاع بیرونی گنبد	قطر خارجی گنبد	دهانه	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه		
۱۱،۶۳	۱۱،۷۰	۱۰،۳۰			$b=1.7a$	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه	نسبت ابعاد عمودی به افقی
					$b=1.7a$	تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه	

تحلیل نمونه‌های دیگر

بنا	تحلیل تناسبات	تحلیل مقطع
۴. مسجد کبود تبریز	مستطیل به دست آمده از گنبد خانه تقریباً برابر ۱،۳ و $\sqrt{2}$ است. این نتیجه‌گیری با توجه به وضع موجود بنا است، در گذشته گنبد بنا روی گریو قرار داشته و مرتفع‌تر بوده است. لذا در بازسازی به دوپوسته پیوسته تبدیل شده است (نژاد ابراهیمی، ۱۴۰۲، ۳۲).	
۵. گنبد سلطانیه	مستطیل به دست آمده از مستطیل طلایی $\sqrt{5}$ و تناسب عددی ۲،۲	
۶. مسجد جامع ورامین	مستطیل به دست آمده از مستطیل طلایی $\sqrt{5}$ و تناسب عددی ۲،۲	

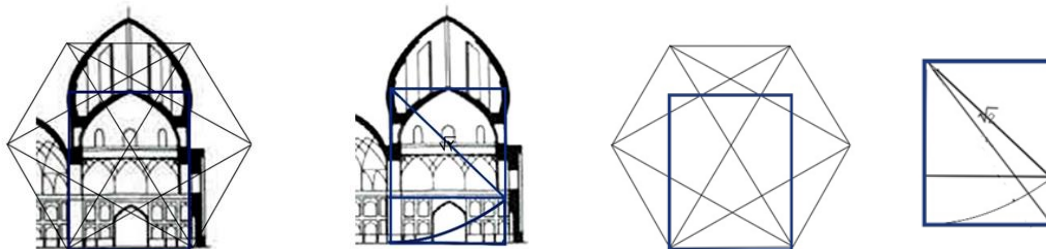
۴-۴- سبک اصفهانی

۴-۴-۱- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد امام اصفهان



شکل ۲۵: پرسپکتیو مسجد امام اصفهان

ابعاد مستطیل پیرامون فضای گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۳۶ است که این نسبت نزدیک به مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم ۱،۳ است. با توجه به ابعاد فضای داخلی گنبدخانه این مسجد ارتفاع ۲ به ۱ دارد. طبق توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده برابر با $\sqrt{2}$ است. (شکل ۲۶)

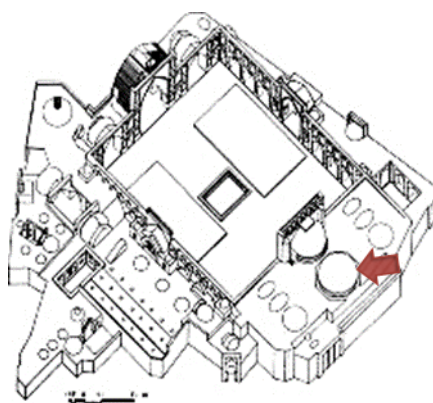


شکل ۲۶: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۳۶ و $\sqrt{2}$

جدول ۱۳: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

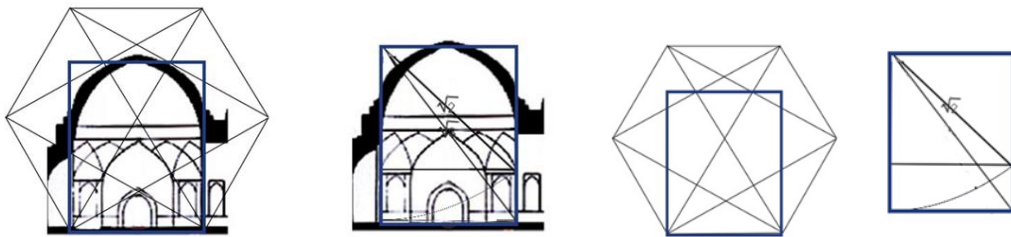
ارتفاع بیرونی گنبد	قطر خارجی گنبد	دهانه	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه		
					نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه	نسبت ابعاد عمودی به افقی	تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه
۲۸،۰۰	۲۷،۰۰	۲۲،۵۰			متر ۳۴ $b=$ متر ۲۵ $a=$ $b=1/36 a$		
					$b=1/36 a$		

۴-۴-۱- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد حکیم



شکل ۲۷: پرسپکتیو مسجد حکیم

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۱،۳ است. مطابق توضیحات پیش از این مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. بر اساس توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده طبق تعریف نزدیک به عدد $\sqrt{2}$ است (شکل ۲۸).

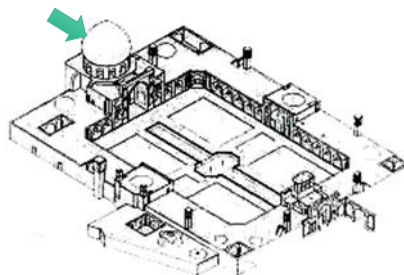


شکل ۲۸: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱,۳ و $\sqrt{2}$

جدول ۱۴: بررسی تناسب‌های هندسی فضای داخلی گنبدخانه

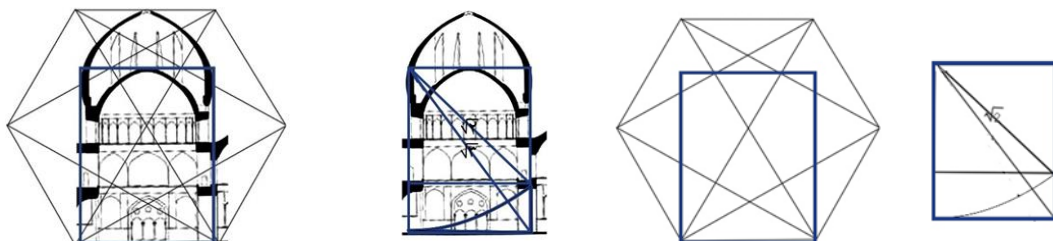
نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه		۱۲,۱۰	۱۴,۰۰	۶,۴۰
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه	$b=1.3 a$				

۳-۴-۴- تناسبات فضای داخلی گنبدخانه مسجد مدرسه چهارباغ (سلطانی)



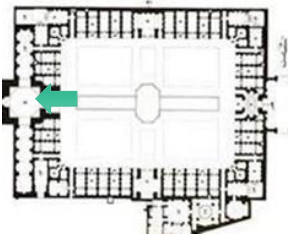
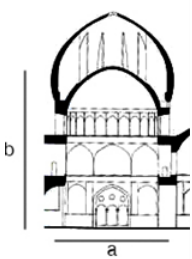
شکل ۲۹: پرسپکتیو مسجد مدرسه چهارباغ

ابعاد مستطیل پیرامون فضای داخلی گنبدخانه و همچنین نسبت ارتفاع فضای داخلی گنبدخانه به عرض آن ۱:۳ است و مطابق توضیحات پیش از این حدوداً برابر با مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم است. طبق توضیحات داده شده مستطیل به دست آمده نزدیک به $\sqrt{2}$ است (شکل ۳۰).

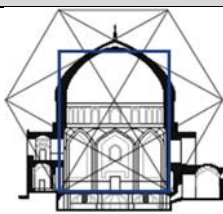
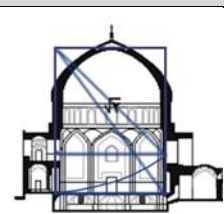


شکل ۳۰: مستطیل به دست آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۳ و $\sqrt{2}$

جدول ۱۵: بررسی تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه

نسبت ابعاد فضای داخلی گنبدخانه	نمای فضای داخلی گنبدخانه در مقطع	جایگاه فضای داخلی گنبدخانه در پلان	دهانه	قطر خارجی گنبد	ارتفاع بیرونی گنبد
نسبت ابعاد عمودی به افقی	نسبت ارتفاع به عرض فضای داخلی گنبدخانه		۱۳،۰۰	۱۹،۰۰	۱۶،۵۰
تناسبات هندسی فضای داخلی گنبدخانه					
	$a=22$ $b=1/3a$				
	$b=1/3a$				

جدول ۱۶: تحلیل نمونه‌های دیگر

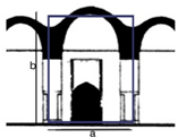
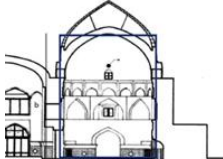
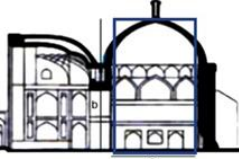
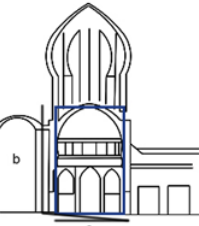
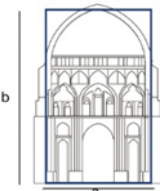
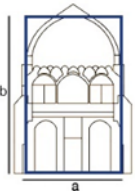
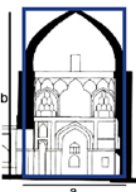
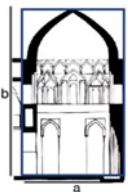
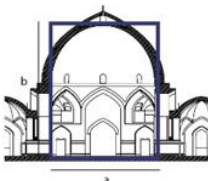
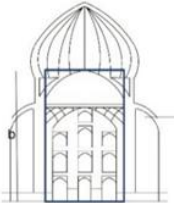
بنا	تحلیل تناسبات	تحلیل مقطع
۴. مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان	مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱،۳ و مستطیل طلایی $\sqrt{2}$	
۵. مدرسه امام خمینی کاشان	مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش‌ضلعی منتظم با نسبت ابعاد ۱:۱،۳ و مستطیل طلایی $\sqrt{2}$	

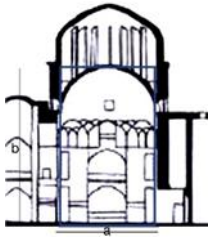
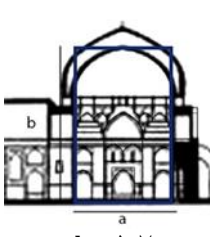
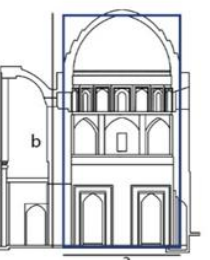
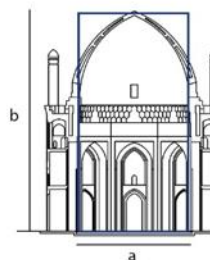
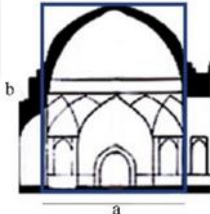
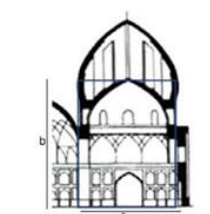
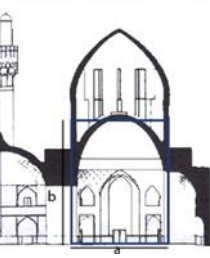
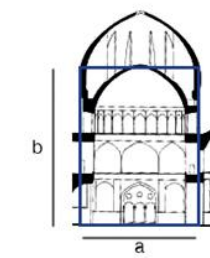
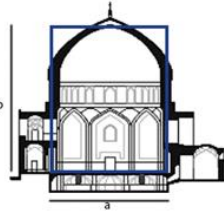
۵- بحث

بررسی تطبیقی جدول ۱۷ نشان می‌دهد که تناسبات هندسی در فضای داخلی گنبدخانه و فضای عبادی در چهار سبک معماری ایران با استفاده از شش‌ضلعی منتظم و مستطیل مشتق از آن طراحی و ساخته شده‌اند. در تطبیق داده‌شده مشخص شده که فضای داخلی گنبدخانه مساجد مورد بررسی در هر سبک از تناسبات خاصی پیروی می‌کنند. به بیان دقیق‌تر این تناسبات در سبک خراسانی در مسجد جامع فهرج ۰،۷ و نسبت به‌دست‌آمده از مستطیل طلایی $\sqrt{2}$ و همین‌طور مسجد جامع بروجرد با نسبت به‌دست‌آمده $\sqrt{2}$ است. (در این دوره به دلیل بوم‌سلمی بودن بسیاری از مساجد، یک مسجد شبستانی و یک مسجد گنبددار تحلیل شده است). در سبک رازی در مسجد جامع اردستان و مسجد جامع کبیر قزوین و حرم عبدالعظیم تناسبات ۱:۱،۷ و در مسجد جامع اصفهان و مسجد جامع گلپایگان و مسجد زواره ۱:۱،۸ است و همچنین نسبت بدست آمده از مستطیل طلایی نزدیک به $\sqrt{3}$ ، $(\sqrt{3}, 24)$ است که نشان می‌دهد هرچه به جلوتر می‌رود مساجد ارتفاع بیشتری گرفتند و تناسبات نزدیک به ۲ می‌شود. در سبک آذری مسجد کبود تبریز با نسبت $\sqrt{2}$ و ۱،۳ به‌دست‌آمده است که این نسبت با توجه به بازسازی گنبد و تبدیل آن به دوپوسته پیوسته انجام شده است که قبل از بازسازی این گنبدروی گریو

قرارداشته که مرتفع‌تر بوده است. در ادامه در مسجد جامع یزد و مسجد گوهرشاد و مسجد امیرچخماق این نسبت $۱:۱,۷$ و $\sqrt{3}$ است و تناسبات در مسجدهای گنبدسلطانیه و مسجدورامین به $\sqrt{5}$ و $۲,۲$ رسیده است. در سبک اصفهانی مسجد امام اصفهان $۱:۳,۶$ و $\sqrt{2}$ و مسجد حکیم و مسجد شیخ لطف‌الله و مسجد مدرسه چهارباغ اصفهان $۱:۱,۳$ و $\sqrt{2}$ و مسجد مدرسه امام $۱:۳$ است که همه از مستطیل به‌دست‌آمده از تقاطع قطرهای شش ضلعی منتظم هستند. مساجدی که در سبک خراسانی بودند بر پایه‌ی مسجد پیامبر (ص) ساخته شدند که چندان مرتفع نبودند و نسبت ارتفاع به طول فضا از $۰/۵$ تجاوز نمی‌کرد. از نسبت $۱,۷۳$ در سبک آذری و رازی بسیار استفاده‌شده که دید و ترکیب بصری دل‌نشین ایجاد می‌کند و در سبک اصفهانی نسبت $۱,۴$ بوده که به‌تناسب طلایی نزدیک شده است

جدول ۱۷: بررسی تطبیقی فضای داخلی گنبدخانه مساجد در چهار شیوه معماری ایران

سبک	مسجد	مقطع	مسجد	مقطع
خراسانی	مسجد جامع فهرج این مسجد از مساجد اولیه اسلامی و برگرفته از مساجد صدر اسلام و فاقد گنبد است. لذا تناسبات فضای عبادی (رواق‌ها) مورد بررسی قرار گرفت.	 $b = 1/3 a$	مسجد جامع بروجرود	 $b = 1/3 a$
	مسجد جامع کبیر قزوین	 $b = 1/7 a$	حرم عبدالعظیم	 $b = 1/7 a$
رازی	مسجد جامع اصفهان	 $b = 1/8 a$	مسجد جامع اردستان	 $b = 1/8 a$
	مسجد جامع گلپایگان	 $b = 1/8 a$	مسجد زواره	 $b = 1/8 a$
آذری	مسجد کبودتبریز	 $b = 1/3 a$	مسجد گوهرشاد	 $b = 1/8 a$

 $b = 1/7a$	امیرچخماق یزد	 $b = 1/7a$	مسجد جامع یزد	
 $b = 2/2a$	مسجد ورامین	 $b = 2/2a$	گنبد سلطانیه	
 $b = 1/3a$	مسجد حکیم	 $b = 1/3a$	مسجد امام اصفهان	
 $b = 1/3a$	مسجد مدرسه چهارباغ اصفهان	 $b = 1/3a$	مسجد مدرسه امام خمینی کاشان	اصفهانی
 $b = 1/3a$			مسجد شیخ لطف الله	

۶- نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان دهنده این است که در هر سبک تناسبات خاصی در فضای داخلی گنبدخانه‌ها وجود دارد. بدین منظور نسبت ارتفاع فضای عبادی مساجد متعددی در سبک و شیوه‌های گوناگون بررسی شد و نتایج نشان دهنده‌ی این است که تناسبات در مساجد به سبک خراسانی حدود ۰٫۳ تا ۰٫۵ است که بلندای بنا و فضای داخلی چندان مرتفع نیست، در مساجد شیوه رازی نسبت بین ۱٫۸ تا ۱٫۲، در شیوه آذری ۱٫۲ تا ۱٫۵ که در این دو شیوه به‌وفور از نسبت طلایی ایرانی

یعنی ۱/۷ استفاده شده که باعث ترکیب بصری خوبی شده و در ادامه در شیوه اصفهانی بین ۱،۴_ ۱،۳ است. بر اساس آنچه در مبانی نظری تبیین شد نظریه پردازان ۱،۷۳ را تناسبات زرین ایرانی می دانند که با کم شدن این رقم فضای عبادی شکوه کمتری دارد و هر چه این عدد بزرگتر باشد نسبتاً فضا با شکوه تر خواهد شد ولی با افزایش بیش از حد این عدد و ارتفاع این فضا نسبت به طول پلان زیاد خواهد شد که حس عدم تعلق را القا می کند در نتیجه هر چه تناسب به عدد ۱/۷ نزدیک تر باشد تداعی کننده ی نوعی شکوه و ابهت خواهد بود.

منابع

- الاسعد، محمد (۱۳۷۶)، کاربردهای هندسه در معماری مساجد، ترجمه سعید سعید پور، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، تابستان و پاییز.
- انصاری، مجتبی؛ اخوت، هانیه؛ تقوایی، علی اکبر (۱۳۹۰)، تحقیقی پیرامون سیر تاریخی سیستم های تنظیم تناسبات در معماری با تاکید بر ملاحظات کاربردی و زیبایی شناسی. ماه هنر، (۱۵۱)، ۴۶، ۵۷.
- بلیان، لیدا، سعیدپورلمر، حسن (۱۳۹۸). الگوهای هندسی و تناسبات طلایی، زبان مشترک معماری و هنر در روستای تاریخی ابیانه. انتشار: دوفصلنامه معماری اقلیم گرم و خشک
- بوزجانی، ابوالوفا محمدبن محمد (۱۳۸۴)، هندسه ایرانی. کاربرد هندسه در عمل. برگردان متن و گردآوری ضمیمه: علیرضا جذبی. انتشارات سروش، تهران.
- پیرنیا، محمد کریم (۱۳۹۲) آشنایی با معماری اسلامی ایران، چاپ نوزدهم، موسسه فرهنگی سروش دانش، تهران.
- پیرنیا، محمد کریم (۱۳۹۷)، آشنایی با معماری اسلامی ایران، نشر گلجام.
- جوادی، نوده؛ شاهچراغی، غنایلیب (۱۴۰۱)، بررسی تناسبات طلایی و اصول هندسی برگرفته از طبیعت در اجزای کالبدی خانه های تاریخی (مطالعه موردی: خانه های قاجاری اردبیل). نشریه باغ نظر؛ شماره ۱۱۰.
- حاجی قاسمی، کامبیز (۱۳۸۰)، گنجنامه (مساجد جامع) فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران. ناشر: دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- حسینی، اکرم (۱۴۰۳)، بررسی تغییر تناسبات گنبدخانه مساجد صفوی در زمینه های ایجاد آن. فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی؛ شماره ۴۲.
- حیاتی، حامد، نوری، امیرمسعود (۱۴۰۱)، مقایسه تطبیقی تناسبات ایوان در مساجد دوره صفویه اصفهان. نشریه باغ نظر؛ شماره ۱۲۸.
- خواص، مجید، بمانیان، محمدرضا (۱۴۰۱)، بررسی تناسبات در اجزای ارتفاعی نمای مساجد چهارایوانی تاریخی منتسب به ۴۰۰ سال اخیر درونگرای شهر اصفهان. نشریه نشریه پژوهش های معماری اسلامی، دوره ۱۰، شماره ۴.
- دی. کی. چینگ، فرانسیس (۱۳۷۸)، معماری فرم، فضا و نظم. ترجمه: زهره قراگوزلو. ناشر: دانشگاه تهران.
- سعادت جو، پریا، حمزه نژاد، مهدی، نقره کار، عبدالحمید (۱۳۹۲)، تحلیلی بر سیر تحول مفاهیم و الگوی کالبدی مساجد در دوره های چهارگانه معماری ایرانی. نشریه مطالعات شهر ایرانی اسلامی
- شمشیری، سیچانی (۱۴۰۰)، بازخوانی ویژگی های حسابی و هندسی نماهای حیاط داخلی خانه های، فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، شماره ۱۰
- عباس زاده، مظفر، قیصی، عاصفه، رضاپور، سودا (۱۳۹۶). بررسی عوامل موثر بر شکل گیری سبک معماری مساجد دوره قاجار شهر ارومیه (مطالعه موردی: مسجد علی شهید، عبدالمحمد و قره آغا). نشریه شباک، شماره ۳، شماره پیاپی ۲.

- عطاریان، کوروش، مومنی، کوروش، مسعودی، زهره (۱۳۹۴). بررسی تناسبات حیاط مساجد دوره صفویه اصفهان. منبع: مطالعات تطبیقی هنر. شماره ۱۰.
- فرشچی، حمیدرضا، 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). منبع: فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی سال پنجم، شماره ۲
- فیض اله یگی، آرزو، گلابچی، محمود، رضازاده اردبیلی، مجتبی. (۱۳۹۸)، تحلیل هندسه نظری و عملی و تناسبات گنبد دوپوسته گسسته مسجد جامع عباسی اصفهان. انتشار: نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی
- گروتز، یورگ کورت (۱۳۸۶)، زیبایی شناسی در معماری. ترجمه: جهانشاه پاکزاد و عبدالرضا همایون، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- نژاد ابراهیمی، احد، جوادپور، آیلا (۱۴۰۲) مطالعه معماری گوی مجید (مسجد کبود) تبریز برای تطبیق با مرمت های انجام یافته. نشریه مکتب احیا، شماره ۱.
- نسترن پور، نازنین، طیبی، محسن. (۱۴۰۱)، ریخت شناسی هندسی صحن مساجد اسلامی ایران شده. منبع: پژوهش های معماری نوین، شماره ۲
- نیلفروشان، محمدرضا (۱۳۹۰)، معماری ایرانی: از آغاز تا دوره قاجاریه. چاپ اول. نشریه کتاب وارث
- حیاتی، حامد (۱۴۰۳)، بازخوانی تناسبات هندسی در عناصر و اجزای ارتفاعی مسجد_مدرسه های دوره قاجار در شهر تهران، شریه باغ نظر شماره ۱۳۲.
- Dabbour, L. M. (20120). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, 1(4) : 380-391
- Krier, R. (1988). *Architectural Composition*. Academy Editions
- Kurt Grütter, Y. (1987). *Aesthetic in Architecture*.
- Lu, P. J., Steinhardt, P. J. (2007) Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture, *Science*, 315(5815) :1106-1110.
- Putz, J. F. (1995). The Golden Section and the Piano Sonatas of Mozart. *Mathematics Magazine*, 68(4) :275.
- Shamaileh, A. A. (2022). Study and investigate perceptions of Jordanian college students on the golden ratio proportions. *Computers and Electrical Engineering*, (103).
- Amer, I. A., & Gaber, A. A. A. (2019). *The methodology of design by geometric code in traditional architecture*. *Journal Of Al Azhar University Engineering Sector* 14(50), 259–286. <https://doi.org/10.21608/AUEJ.2019.28485>
- Cohen, M. A., & Delbeke, M. (2019). *Proportional Systems in the History of Architecture: A Critical Reconsideration*. <https://muse.jhu.edu/book/63227>
- Telleria Julian, I., González Floristán, N., & Susperregi Lasalde, J. (2020). *La teoría de E. Mössel en la base del trazado que regula un modelo de caserío guipuzcoano del siglo XV. Parte I*. 25(38), 90–101. <https://doi.org/10.4995/EGA.2020.12365>
- Wang, Z. (2022). Research on Order Aesthetics of Traditional Chinese Architecture from the Perspective of Design Geometry. *Frontiers in Art Research*, 4(11). <https://doi.org/10.25236/far.2022.041111>

منابع جهت مطالعه بیشتر

- امیرخانی، آرین، بقائی، پرهام و بمانیان، محمدرضا (۱۳۸۸). بررسی دگرگونی تناسبات حاکم بر تیمچه های ایران در دوره قاجار. هنرهای زیبا، (۳۷)، ۳۹-۴۸.

- آیت‌اللهی، حبیب‌الله (۱۳۶۳). نسبت‌های طلایی در هنر. فصلنامه هنر، (۷)، ۱۲۹-۱۰۸.
- بمانیان، محمدرضا (۱۳۸۱). مقدمه‌ای بر نقش و کاربرد پیمون در معماری ایرانی. فصلنامه مدرس هنر، (۱)، ۱۰-۱.
- بوزجانی، ابوالوفاء محمد بن محمد (۱۳۸۹). هندسه ایرانی کاربرد هندسه در عمل (ترجمه سید علیرضا جذبی). تهران: سروش.
- بین‌آبادی، نرجس (۱۳۹۳). کاربرد هندسه نقوش در معماری اسلامی. تهران: آرنا.
- پیرنیا، محمد کریم (۱۳۸۳). سبک‌شناسی معماری ایرانی، تهران: سروش دانش.
- حجازی، سید امیر مهرداد (۱۳۸۷). هندسه مقدس در طبیعت و معماری ایرانی. نشریه تاریخ علم، (۷)، ۴۴-۱۷.
- ضیایی‌نیا، محمدحسن و هاشمی زرج آباد، حسن (۱۳۹۵). تناسب طلایی و سیستم تناسبات ایرانی-اسلامی در مسجد جامع قائن. نشریه مرمت و معماری ایران، مرمت آثار و بافت های تاریخی فرهنگی، (۱۱)، ۸۹-۹۹.
- کیانی، محمد یوسف (۱۳۷۹). تاریخ هنر معماری ایران در دوران اسلامی. تهران: سمت.
- نجفقلی‌پور کلانتری، نسیم، اعتصام، ایرج و فرح، حبیب (۱۳۹۰). بررسی هندسه و تناسبات طلایی در معماری ایران. مدیریت شهری، (۴۶)، ۴۹۱-۴۷۷.
- نقره‌کار، عبدالحمید (۱۳۸۹). مبانی نظری معماری. تهران: دانشگاه پیام نور.
- نقره‌کار، عبدالحمید (۱۳۸۷). درآمدی بر هویت اسلامی در معماری. تهران: وزارت مسکن و شهرسازی. دفتر معماری و طراحی شهری: شرکت طرح و نشر پیام سیما.
- Abbas, S. (2017). Golden ratio. Resonance, 22 (1) :51-60.
- Akhtaruzzaman, M., Shafie, A. A. (2011). Geometrical Substantiation of Phi, the Golden Ratio and the Baroque of Nature, Architecture, Design and Engineering. International Journal of Arts, 1(1), 1-22.
- Bicknell, M., Hoggatt Jr, V. E. (1969). Golden triangles, rectangles, and cuboids. The Fibonacci Quarterly, 7(1) :73-91.
- Dabbour, L. M. (2012). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. Frontiers of Architectural Research, 1(4) :380-391.
- Dunlap, R. A. (2008). The golden ratio and Fibonacci numbers. New Jersey: World Scientific.
- Embi, M. R., Abdullahi, Y. (2013). Evolution of Islamic Geometrical Patterns. Frontiers of Architectural Research, 2(2) :243-251.
- Falbo, C. (2005). The Golden Ratio: A Contrary Viewpoint. The College Mathematics Journal, 36(2) :123.
- Ferwati, M. A., Mandour, M. S., Mandour, M. A. (2008). Proportions and Human Scale in Damascene Courtyard Houses. International Journal of Architectural Research, 2(1) :247-263.
- Fletcher, R. (2006). The Golden Section. Nexus Network Journal, 8(1) :67-89.
- Friedenber, J. (2012). Aesthetic Judgment of Triangular Shape: Compactness and Not the Golden Ratio Determines Perceived Attractiveness. I-Perception, 3(3) :163-175.
- Hejazi, M. (2005). Geometry in nature and Persian architecture. Building and Environment, 40(10) :1413-1427.
- Iosa, M., Morone, G., Paolucci, S. (2018). Phi in physiology, psychology and biomechanics: The golden ratio between myth and science. Biosystems, 165 :31-39.
- Madden, C. (2005). Fib and Phi in music: The golden proportion in musical form. Salt Lake City: High Art Press.
- Mahdipour, M., Saraj, F. M. (2012). The Application of Golden Proportion in the Façades & Ornaments of Quadruple Vaulted Porticos of Jami Mosque in Isfahan, Iran. Journal of Civil Engineering and Urbanism, 2(3) :97-101.

- Markowsky, G. (1992). Misconceptions about the Golden Ratio. The College Mathematics Journal, 23(1) :2.
- Nabavi, F., Ahmad, Y. (2016). Is There Any Geometrical Golden Ratio in Traditional Iranian Courtyard Houses? International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR, 10(1) :143.
- Najib Oglu, G. (1995). Geometry and Ornament in Islamic Architecture.
- Posamentier, A. S., Lehmann, I. (2012). The glorious golden ratio. Amherst, N.Y: Prometheus Books.
- Pope, A. (1939). Iranian Architecture.
- Sharp, J. (2002). Spirals and the Golden Section. Nexus Network Journal, 4(1) :59-82.

Original Research Article

How to Use Proportions in the Domes of Iranian Mosques across the Four Architectural Styles

Hamed Hayaty^{1*}, Sepideh Aman²

1- Assistant Professor, Department of Architecture, Qom University, Qom, Iran,

2- M.A. in Architecture, Department of Architecture, Qom University, Qom, Iran

 10.22034/AHDC.2025.23064.1858

Received:
May 06, 2025

Accepted:
September 29,
2025

Keywords:
Proportion;
Geometry;
Iranian
Architecture;
Mosques;
Dome
Structure

Abstract

In Iranian architecture, magnificent works have been created through the precise application of geometry and proportional systems. Proportion, while serving as a key factor in achieving harmony, has also been one of the enduring topics of architectural study. Architects in the four main styles of Iranian architecture used proportions to enhance the functionality of spaces, aesthetic quality, and visual richness. This study investigates the comparative proportions of the interior spaces of mosque domes in the four principal styles of Iranian architecture. Considering the central role of mosques in Islamic civilization, it appears that specific proportional systems were employed in the design and construction of mosque domes. Accordingly, this research explores the proportions used in the interior dome spaces of mosques representing these four architectural styles. Given the non-random selection of the studied samples, the dimensions and spatial ratios of mosque domes have been analyzed based on proportional relationships using a quasi-empirical and inductive approach. Data were collected through the review of library sources, as well as the analysis of architectural plans and visual documentation. The findings indicate that the proportions and geometrical relationships of the dome interiors differ across the four architectural periods. While mosques from each style tend to share similar proportions within their respective era, the proportional systems evolved over time. Specifically, the proportions in Khorasani-style mosques range from 0.3 to 0.5, in Razi-style mosques from 1.2 to 1.5, in Azeri-style mosques from 1.5 to 2.2, and in Isfahani-style mosques from 1.3 to 1.4.

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

