

تحلیل هندسی و تناسبات طلایی و زرین ایرانی در قلعه میر غلام هاشمی ایلام*

مریم شیخی^۱
کوروش مؤمنی^۲
بهزاد وثیق^۳

چکیده

استفاده از تناسبات و هندسه در کالبد و اجزای مهم بنا از متداول‌ترین روش‌های معماران ایرانی برای طراحی درست و مهندسی شده به منظور رسیدن به زیبایی و کارایی مناسب است. قلعه میر غلام هاشمی مربوط به دوره قاجاریه می‌باشد که در روستای هاشم آباد از توابع شهرستان دره شهر در استان ایلام قرار دارد. ویژگی‌های منحصر به فرد معماری این بنا بیانگر آن است که معمار در ساخت بنا از اصول هندسی و نظام دقیق تناسبات ایرانی بهره گرفته است. پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این سؤال است که: کاربرد هندسه و تناسبات طلایی در ساخت و شکل‌گیری عناصر کالبد فضایی قلعه میر غلام هاشمی به چه صورت بوده است؟ روش پژوهش حاضر مورد کاوی و تحلیلی است و برای گردآوری اطلاعات، از مطالعات کتابخانه‌ای و اطلاعات میدانی بهره گرفته شده است.

در این مقاله، نقشه‌های قلعه، همچون پلان‌ها، نماها و مقاطع با فرض قرار دادن نقاط کانونی چون حیاط مورد تحلیل هندسی قرار گرفت؛ سپس نتایج تحقیق با نرم‌افزار SPSS26 سنجش و ارزیابی شد. نتایج تحلیل هندسی نشان می‌دهد که از تناسب زرین بیشتر در مکان‌یابی فضاهای قلعه و از تناسب طلایی بیشتر در تعیین ابعاد فضاهای قلعه استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل نرم‌افزار نیز حاکی از آن است که «طراحی معماری و ساخت قلعه» رتبه اول، «مکان‌یابی و جانمایی فضاهای معماری» رتبه دوم و «ابعاد و اندازه فضاهای معماری» رتبه سوم را از لحاظ کاربرد و تأثیرپذیری تناسبات طلایی و زرین از نظر متخصصان و کارشناسان کسب نموده‌اند.

واژگان کلیدی: تحلیل هندسی، تناسبات طلایی، قلعه میر غلام هاشمی، دره شهر، ایلام.

* این مقاله بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «طراحی معماری پایانه مرزی دهلران با رویکرد بررسی تناسبات معماری در قلعه‌های ایلام» با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در گروه معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول است.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، دزفول، ایران
Maaaryy2oshey@gmail.com
K_Momeni@jsu.ac.ir
vasiq@jsu.ac.ir

۲. دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، دزفول، ایران (نویسنده مسئول)

۳. دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، دزفول، ایران

مقاله

طبیعت بر پایه هندسه و تناسب‌ها، پایه‌گذاری شده و بشر از گذشته‌های دور در پی یافتن آن بوده است تا هم به کنجکاو خود پاسخ دهد و هم از این هندسه و تناسب‌ها در ساخته‌های خود استفاده نماید. از طرفی، هندسه ابزاری مناسب جهت نظم بخشیدن به معماری و برقراری روابط آگاهانه میان اجزای معماری بنا با یکدیگر است تا در عین مرکب بودن، یکپارچگی فضا را به عنوان یک ترکیب خلاق و هدفمند میسر سازد (ضیایی‌نیا و هاشمی زرج‌آبادی، ۱۳۹۵). «هندسه و تناسب در هنر و معماری، به عنوان عنصری اساسی مطرح می‌شوند» (بمانیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۹).

«تجزیه و تحلیل هندسی از ارکان مهم شناخت ویژگی‌های معماری بناهاست؛ چراکه هندسه به عنوان ایده‌ای شکل‌دهنده به کار می‌رود تا طرح شکل‌یافته‌ای ارائه شود» (کلارک و اچ پاووز، ۱۳۷۹: ۲۲۸). به کار بردن هندسه از دو منظر قابل توجه است: ۱- یافتن نقاط و مکان‌های مهم در یک طرح با استفاده از ترسیمات هندسی و یافتن هندسه شکل‌دهنده بنا؛ ۲- استفاده از ترسیمات هندسی برای به دست آوردن مقادیر و نسبت‌هایی که تعیین‌کننده ابعاد و اندازه‌های بنا و اجزای اصلی آن است» (رضازاده و ثابت‌فرد، ۱۳۹۲: ۳۷). هندسه و تناسب‌ها، به دلیل داشتن ماهیت منظم، همواره مورد توجه معماران و هنرمندان در دوره‌های مختلف بوده‌اند. سیدحسین نصر در کتاب «علم در اسلام» در مورد اهمیت هندسه در معماری می‌گوید: «عشق مسلمانان به ریاضیات، خاصه هندسه و عدد، مستقیماً به پیام اصلی اسلام که همان عقیده توحید هست مربوط است. در جهان‌بینی اسلامی ویژگی تقدس ریاضیات در هیچ‌جا بیشتر از هنر تجلی نیافته است؛ در هنر ماده به کمک هندسه و حساب شرافت یافته و فضایی قدسی آفریده شده که در آن حضور همه‌جایی هندسه و خداوند مستقیماً انعکاس یافته است» (نصر، ۱۳۶۶: ۱۴۳). هندسه به طور کلی در طراحی و ساخت مساجد، تکایا، مدرسه‌ها و دیگر آثار فاخر معماری ایرانی وجود دارد (مهدوی‌نژاد، ۱۳۸۳: ۶۰).

آثار معماری و بناهای تاریخی ارزشمندی در استان ایلام کنونی وجود دارد که محققان از منظر مطالعات معماری سنتی، کمتر به آنها توجه کرده‌اند. «اواسط حکمرانی ناصرالدین شاه، ایران به چهار ایالت و بیست و سه ولایت تقسیم شد. پشتکوه و پیشکوه از ولایات لرستان بود. قدرت و ایان در ابتدای حکومت فتحعلی شاه قاجار بر اثر نزاعی داخلی به تدریج کم شد؛ از این رو، مجبور به مهاجرت و ترک پیشکوه شدند و در پشتکوه اقامت گزیدند و مقرر حکمرانی خود را اراضی فعلی استان ایلام قرار دادند. سلسله‌الایان در دایره بسته حکومت خود با کمترین ارتباط بیرونی بر طوایف و قبایل محلی فرمانروایی می‌کردند. حداکثر انتظار حکومت مرکزی از خوانین پشتکوه، حراست و نگهبانی مرز غربی، سرکوب متمردین منطقه‌ای و پرداخت خراج بود» (حیدری، ۱۳۸۸: ۲۵). «از جمله آثار این سلسله‌ها تعدادی قلعه است که اکثراً دارای استحکامات نظامی، از جمله برج، بارو و خندق هستند که در سه دسته حکومتی، مسکونی و برخی حکومتی - مسکونی قرار می‌گیرند» (همان، ۲۹). از جمله قلعه‌های شاخص دوره قاجاریه که از موقعیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و از گزند زمانه سالم مانده، قلعه میرغلام هاشمی که میرغلام هاشمی در سال ۱۳۰۳ هـ.ق. در نزدیکی دره‌شهر احداث کرده است (محمودیان، ۱۳۸۳: ۴۵ و ۴۴). این قلعه در عین سادگی، هندسه منحصر به فردی دارد و فضاهای معماری آن، شامل ورودی اصلی، برج‌ها، اتاق سردر و ورودی (خان‌نشین)، حیاط مرکزی، ایوان‌ها و اتاق‌های متعدد و ...



است که با کنار هم قرار گرفتن آنها هندسه کلی بنا تشکیل شده است. سؤال اصلی پژوهش حاضر عبارت است از: «کاربرد هندسه و تناسبات طلایی در ساخت و شکل‌گیری عناصر کالبد فضایی قلعه میرغلام هاشمی به چه صورت بوده است؟» این پژوهش ضمن معرفی اجمالی قلعه، فرضیه بهره‌گیری معمار بنا از اصول هندسی و تناسبات معماری آن را تحلیل و ارزیابی کرده و اصول هندسی به‌کاررفته در قلعه را با ترسیمات دقیق هندسی در نقشه‌های قلعه، همچون پلان‌ها، نماها و مقاطع ارائه داده است. هدف این پژوهش، شناخت هندسه پایه و بررسی تناسبات طلایی و زرین ایرانی در معماری قلعه میرغلام هاشمی است. شناخت و تحلیل هندسی تناسبات می‌تواند در مرمت و احیای بنا نقش بسزایی ایفا نماید.

پیشینه پژوهش

با توجه به تاریخ کهن و غنی تمدن بشر بخصوص تمدن ایران زمین و انبوه آثار هنری دوره‌های مختلف، می‌توان گفت مطالعات اندکی در رابطه با تأثیر تناسبات و هندسه در معماری گذشته صورت گرفته است. از پژوهش‌های انجام‌شده در شوروی سابق در زمینه هندسه و تناسبات هندسی، می‌توان به تحلیل‌های هندسی بولاتف بر آرامگاه قتلغ‌آقا در سمرقند؛ پژوهش مان کوفسکایا در مورد آرامگاه خواجه احمد یسوی و مسجد جامع سمرقند و تحقیق دونالد ویلبر در مورد مدرسه گوهرشاد هرات اشاره کرد (کلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴). از کتاب‌های دانشمندان مسلمان در زمینه هندسه و ریاضیات می‌توان «هندسه ایرانی» از ابوالوفا بوزجانی ۱ و «رساله مفتاح الحساب» از غیاث‌الدین کاشانی ۲ را نام برد. محققان ایرانی نیز مقالات متعددی نوشته‌اند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

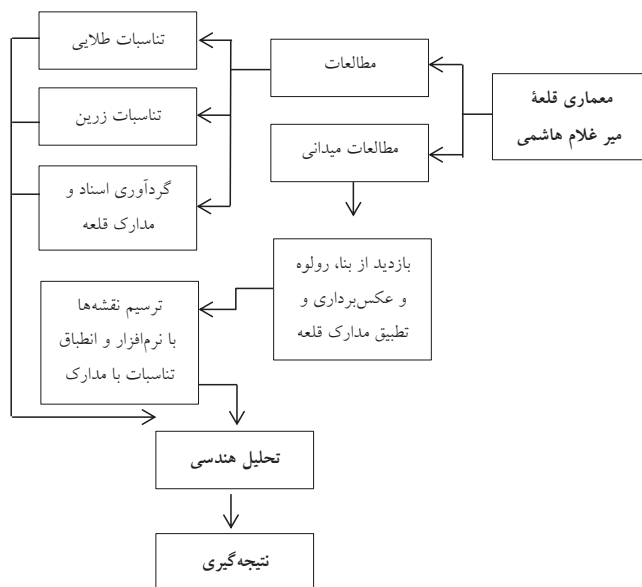
دهار و علی‌پور (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل هندسی معماری مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان جهت تعیین ارتباط هندسی نمازخانه با جلوخان ورودی بنا»، بیان کردند که ابعاد فضای نمازخانه متناسب با ابعاد جلوخان ورودی بناست و مکان‌یابی این فضا در ارتباط با موقعیت‌یابی ورودی بنا در بدنه میدان معین و به صورت هندسی به هم پیوسته است. عطاریان و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی تناسبات حیاط مساجد دوره صفویه اصفهان»، به بررسی نسبت‌های بین اضلاع حیاط در مساجد دوره صفوی در اصفهان پرداختند و هندسه پنهان آن را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله به کمک تحلیل هندسی روشن شد که نسبت بین طول و عرض حیاط مساجد به تناسب ۱/۱۱۸ نزدیکتر است و در ابعاد کلی حیاط مساجد پیمون ایرانی مورد استفاده قرار گرفته است. بمانیان و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای خود با عنوان «کاربرد هندسه و تناسبات در معماری»، با بررسی مفهوم هندسه و تناسبات با دیدگاه‌های مختلف و در دوره‌های متفاوت تاریخی در قالب نمونه‌های متعدد به ارائه راهکارهایی از نگاه زیبایی‌شناسی پرداختند. انصاری و نژادابراهیمی (۱۳۸۹) در مقاله «هندسه و تناسبات در معماری دوره ترکمانان قویونلو، مسجد کبود فیروزه جهان اسلام»، با بررسی هندسه و تناسبات بنا، تزیینات و اشکال به‌کاررفته، مصالح و اسلوب برگرفته از موتیف‌ها و اشکال اسلیمی و هندسی، نشان دادند که تناسبات مورد بررسی علاوه بر تزیینات موجود در بنا، در ساختار هندسی آن نیز مورد توجه بوده است. خوارزمی و افهمی (۱۳۸۹) در پژوهش خود با عنوان «هندسه کاربردی در تزیینات آثار معماری ایران قبل

از اسلام»، به بررسی سه دوره تاریخی هخامنشیان، اشکانیان و ساسانیان پرداختند و بیان داشتند که هندسه کاربردی در معماری هخامنشیان حاصل تکرار ساده نقش مایه‌های طبیعی و انتزاعی بوده و در هنر اشکانی تحت تأثیر هنر یونانی شامل نقوش هندسی پیچیده‌تر شده است. هنر ساسانی نیز از نظر افزایش پیچیدگی و استفاده از تقسیمات جدید سبب پیشرفت چشمگیر در هندسه شده است. حجازی (۱۳۸۷) در مقاله خویش با عنوان «هندسه مقدس در طبیعت و معماری ایرانی»، استفاده از تناسبات موجود در طبیعت و کاربرد آن در معماری سنتی ایران را مورد مطالعه قرار داده و به بررسی تناسبات طلایی و دیگر تناسباتی پرداخته که به زیبایی بنا از نظر هندسی کمک کرده است.

مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در زمینه معماری قلعه‌های محدوده استان ایلام، بیشتر در راستای معرفی اجمالی و توصیفی معماری قلعه‌ها بوده و تاکنون تحقیقی انجام نشده است که با رویکرد تحلیلی به بازشناسی اصول هندسی و تناسبات طلایی و زرین معماری قلعه‌ها پرداخته باشد.

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر موردکاوی و تحلیلی است. ابزار گردآوری اطلاعات، مشاهدات میدانی از قلعه میرغلام هاشمی، مطالعات کتابخانه‌ای در زمینه نقش تناسبات طلایی و زرین در معماری ایرانی و مطالعه اسناد و مدارک مربوط به معماری قلعه مذکور بوده و ترسیمات هندسی با نرم‌افزار اتوکد انجام گرفته است. گردآوری مطالب در مباحث نظری، برگرفته از تحقیقات انتشار یافته در نشریات معتبر علمی است. تصاویر و ترسیمات مربوط به بنا را خود نگارندگان تهیه کرده‌اند. در ادامه تحلیل هندسی مبتنی بر تناسبات طلایی و زرین ایرانی با نقشه‌های مقیاس‌دار تطبیق داده شد و تجزیه و تحلیل گردید.



شکل (۱). مدل مفهومی پژوهش (نگارندگان، ۱۳۹۹)



هندسه و تناسبات در معماری

دانشمندان و ریاضی‌دانان اسلامی واژه هندسه، که از دو بخش geo به معنای زمین و $meter$ به معنای اندازه‌گیری تشکیل شده است، را در مقابل واژه یونانی $geometry$ انتخاب کرده‌اند (الدفاع، ۱۹۷۷: ۸۲). این واژه در رده‌بندی علوم، از علوم ریاضی به شمار می‌رود و از آن با عنوان علم شناخت مقادیر و نسبت‌ها یاد می‌شود (فارابی، ۱۳۴۸: ۸۲). از نظر ابن‌سینا (۱۹۸۶ م. / ۱۴۰۶ ق: ۸۸) هندسه، علم شناخت وضع خطوط، اشکال، سطوح و نسبت‌هاست.

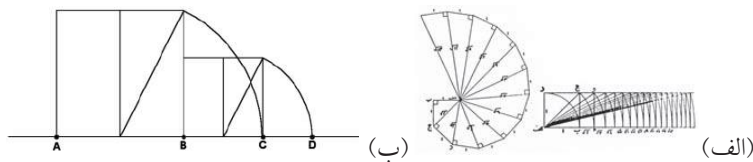
گسترش و توسعه الگوهای هندسی در اسلام با ترجمه متون از یونانی و سانسکریت آغاز شد و توسعه هندسه در بناها از اوایل قرن هفتم تا اواخر قرن نهم میلادی با اولین نمونه‌های چیدمان هندسی بناها در ممالک اسلامی به وجود آمد (عبدالهی و بین امبی، ۲۰۱۳: ۲۴۴). تحولات مهم در زمینه هندسه حاصل تلاش دانشمندانی، همچون: عمر خیام، ابوالوفا بوزجانی، ابومنصور خوارزمی و ابن میثم بوده است (الأسد، ۱۳۷۶: ۳۶)؛ البته در خصوص سرزمین ایران، گسترش و توسعه الگوهای هندسی، علاوه بر ترجمه آثار، از طریق معماران بومی و انتقال سینه به سینه آن به دوره اسلامی صورت گرفته است. این امر موجب گردیده که اصول هندسی و سیستم تناسباتی به‌کاررفته در دوره اسلامی در ایران مانند دیگر علوم، تحت عنوان ایرانی اسلامی قرار بگیرد (انصاری و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۷). هنر هندسه کلیدی مهم برای ایجاد ارتباط بین ساختمان و انگاره‌هاست که سازنده در ذهن خود دارد (سیلویا و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۷). تناسب طلایی از قدیم در بین هنرمندان و معماران کاربرد داشته؛ چنانچه در ساختمان معبد پارتنون نیز بسیار به کار رفته است. مطالعه این نسبت در دوره رنسانس در بین ریاضی‌دانان معمول بوده و آن را نسبت آسمانی می‌نامیده‌اند (بوزجانی، ۱۳۶۹: ۱۲۳). از قرن نوزدهم به بعد با عنوان تناسب طلایی در میان هنرمندان مشهور شد و در قرن بیستم معمار معروف، لوکوربوزیه، پیمون خود را بر اساس این نسبت قرارداد (بمانیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳۶). تناسبات زرین ایرانی بر پایه $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ از دیرباز مورد توجه معماران ایران بوده و در دوران اسلامی در طراحی و ساخت بناهای تاریخی کاربرد فراوانی داشته است؛ به همین منظور از آن به عنوان تناسبات ایرانی اسلامی نیز نام می‌برند. به جرأت می‌توان گفت که در اکثر بناهای تاریخی ایران این تناسب به کار گرفته شده است و کماکان مطالعه و پژوهش بر پایه تناسبات ایرانی اسلامی، مورد توجه و پیگیری محققان است (مهدوی‌نژاد، ۱۳۸۳: ۶۳). سیستم تناسبات اسلامی بر اساس خواص هندسی مربع، مربع مضاعف، مثلث متساوی‌الاضلاع و پنج‌ضلعی، که برابر با اعداد اصم (گنگ) هستند، قرار گرفته است (کلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴: ۱۹۴).

۱. روش‌های هندسی ترسیم

تناسبات طلایی: نسبت طلایی به چندین روش هندسی - ترسیمی قابل ساخت است. یکی از روش‌ها، روشی است که نشان‌دهنده ساخت مستطیل با نسبت طلایی میان اضلاع آن از یک مربع است. برای این منظور، ابتدا مربعی با ضلع مساوی AB ترسیم می‌گردد و سپس خط قطری از وسط پاره‌خط کنج مربع در مقابل آن رسم می‌شود. در ادامه به شعاع AB و به مرکز وسط ضلع مربع، کمانی رسم می‌گردد تا امتداد پاره‌خط و عرض AC را قطع کند. مستطیل به

طول نقطه C یک مستطیل طلایی خواهد بود. با تکرار همین روش، نسبت طلایی در امتداد آن تکرار خواهد شد. رابطه AB خط: $CD/BC=BC/BD=BC/AB=AB/AC=1$ میان اجزای ترسیم برقرار است (دهار و علی پور، ۱۳۹۲: ۳۶).

۲. تناسبات زرین (مستطیل های ریشه $\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$): مربعی به ضلع یک واحد در نظر گرفته می شود و به اندازه قطر آن با پرگار یک کمان رسم می گردد؛ سپس ضلع بزرگتر مستطیل به دست آمده برابر با قطر مربع، یعنی $\sqrt{2}$ است و مقدار تقریبی $\sqrt{2}$ برابر با $1/4142$ می باشد. با قطر مستطیل به دست آمده نیز می توان مستطیل $\sqrt{3}$ و با قطر مستطیل $\sqrt{3}$ می توان مستطیل $\sqrt{4}$ را رسم کرد و این روند می تواند همچنان ادامه یابد. چنین مستطیل هایی را مستطیل پویا (دینامیک) می گویند (آیت اللهی، ۱۳۷۷: ۱۹۴). مستطیل $\sqrt{3}$ مستطیل افلاطونی نامیده می شود (بارات، ۱۹۸۰: ۱۰۴).



شکل (۲). الف) رسم مستطیل $\sqrt{2}$ و گسترش آن (بوزجانی، ۱۳۶۹: ۱۲۵)؛ ب) روش ساخت نسبت طلایی با استفاده از مربع (بوسورا و مازوز، ۲۰۰۴: ۱۱)

معرفی قلعه میر غلام هاشمی

قلعه میر غلام هاشمی در فاصله تقریبی ۷ کیلومتری جنوب غرب شهرستان دره شهر و در مسیر جاده دره شهر به ایلام (به فاصله تقریبی ۴ کیلومتر از آن) و در روستای هاشم آباد واقع است. شهرستان دره شهر در ۱۴۲ کیلومتری جنوب شرق شهرستان ایلام، ۳۵ کیلومتری غرب شهرستان پلدختر و در عرض و طول جغرافیایی ۳۳ درجه و ۷ دقیقه و ۴۷ درجه و ۲۱ دقیقه قرار دارد (ساربخانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۶۳). بنای مذکور یکی از بناهای دوره قاجاریه است که میر غلام هاشمی آن را در سال ۱۳۰۳ ه.ق. احداث کرده است و آب آن از رودخانه سیکان تأمین می شود (محمودیان، ۱۳۸۳: ۴۴-۴۵). بنا یک طبقه و تعدادی اتاق دارد که از این اتاق ها استفاده های گوناگونی می شده است. سازه اصلی بنا، سنگ و رویه اندود آن، گچ و خاک است. ورودی قلعه همانند برج های ضلع شمالی، جلوتر از دیوار اصلی بنا ساخته شده است (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۲۴۴).



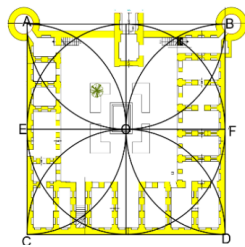
جدول شماره (۱). معرفی اجمالی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

نام فضاها	هنده	معرفی	تصویر	موقعیت در پلان
ورودی اصلی	مستطیل	ورودی اصلی قلعه همانند برج‌های ضلع شمالی، جلوتر از دیوار اصلی بنا ساخته شده است (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۲۴۴).		
برج‌های قلعه	نیم‌دایره	برج شمال شرقی شامل یک فضای مستطیلی که طاقچه‌هایی با طاق هلالی و یک سرویس بهداشتی دارد. برج شمال غربی ورودی تقریباً مربعی شکل و کم‌مساحتی دارد.		
اتاق بالای ورودی (خان‌نشین)	مستطیل	خان‌نشین، دو اتاق مستطیل شکل با ابعاد مختلف، در امتداد هم و به صورت کشیده دارد.		
حیاط مرکزی	مربع مستطیل	یک حیاط مرکزی به ابعاد تقریبی ۲۱/۶۰ * ۱۸/۵ متر در وسط بنا قرار دارد.		
ایوان قلعه	مستطیل	ایوان با طاق ضربی، به ابعاد ۱۷ * ۶/۹۰ متر و با ارتفاع ۳ متر در ضلع جنوبی قرار دارد (ساریخانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۶۸).		
اتاق‌های قلعه	مربع و مستطیل	تعداد ۵ اتاق به ابعاد تقریبی ۳ * ۵/۹۰ متر در گرداگرد حیاط قلعه قرار دارد.		

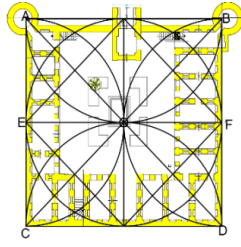
تحلیل و بحث

۱. تحلیل هندسی و روند مکان‌یابی فضاهای معماری قلعه میرغلام هاشمی

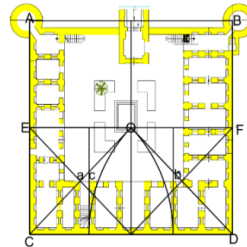
با توجه به اینکه هندسه ایرانی اسلامی بیشتر با احجامی مانند مربع، دایره و ... در معماری بناهای تاریخی نمود داشته است، سعی بر آن شد تا با ترسیم پلان معکوس بنا به بررسی وجود هندسه ایرانی اسلامی در معماری قلعه میرغلام هاشمی پرداخته شود. ابتدا با استفاده از نرم‌افزار اتوکد نقشه‌های قلعه، شامل پلان‌ها، نماها و مقاطع قلعه ترسیم شد و مکان‌یابی فضاها با استفاده از تحلیل هندسی بررسی گردید. بر اساس تحلیل هندسی روند اجرا و مکان‌یابی فضاها این قلعه به شرح ذیل است:



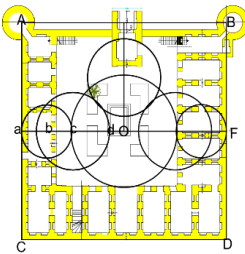
شکل (۳)



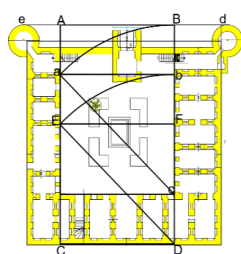
شکل (۴)



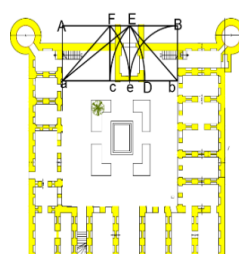
شکل (۵)



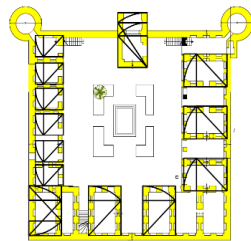
شکل (۶)



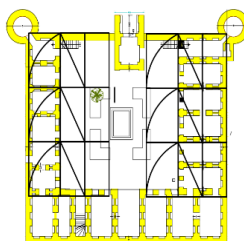
شکل (۷)



شکل (۸)



شکل (۹)



شکل (۱۰)

شکل‌های (۱۰ تا ۳). مراحل ترسیم پلان معکوس قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

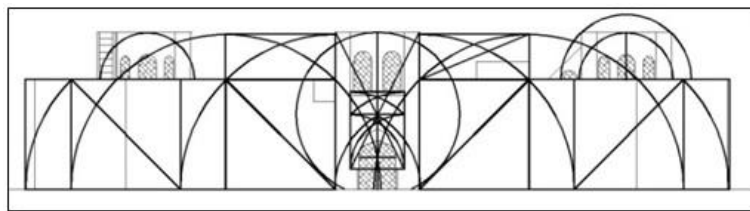
بر اساس شکل‌های ۳ تا ۱۰، به نظر می‌رسد معمار ابتدا مرکز پاره‌خط EF را به دست آورده و به مرکز O و به شعاع OF دایره‌ای را ترسیم نموده؛ سپس به مرکز E و F همین عمل را تکرار کرده است. محل تلاقی دایره‌ها (A,B,C,D) به ترتیب رئوس یک مربع را تشکیل می‌دهند. هندسه کلی قلعه از قرارگیری دایره محاط در مربع شکل می‌گیرد (شکل ۳). در مرحله بعد معمار با ترسیم اقطار، نقاط دیگری را به دست آورده که مربع ABCD را به چهار مربع کوچکتر تقسیم می‌کند و این مرحله، نقطه شروعی برای تناسبات زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) است (شکل ۴). در مرحله بعدی دیده می‌شود که نقاط a و b محل تقاطع قطرها هستند. نقطه b دقیقاً منطبق بر گوشه حیاط مرکزی انتخاب شده است و نقطه a بر کنج اتاق منطبق است. معمار با استفاده از تناسب طلایی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) و زدن کمانی به اندازه قطر OD مکان شروع پله‌ها را به دست آورده که نقطه C است (شکل ۵). در این مرحله با استفاده از تناسب طلایی، عرض اتاق‌ها و حیاط مرکزی به دست آمده که در این حالت نسبت oc به cd تقریباً برابر $\sqrt{2}$ است و از طرفی نسبت cd به ab برابر تناسب زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) می‌باشد. در واقع با این تناسب مکان شروع حجره‌ها و از زاویه‌ای دیگر، ابعاد حیاط مرکزی به دست آمده است (شکل ۶).



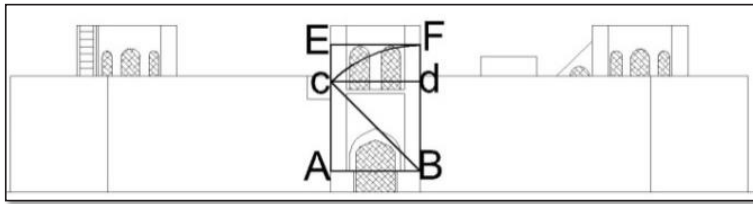
در گام بعد ابتدا مربع CDEF که به اندازه عرض حیاط مرکزی است ترسیم گردیده؛ سپس به مرکز D و به شعاع قطر ED کمانی زده شده است تا به مکانیابی نقاط a و b منجر گردد (مستطیل طلائی اعداد اصم). پیشامدگی قسمت جلوخان ورودی در داخل حیاط نیز تقریباً بر همین خط قرار دارد. این فرآیند یک بار دیگر تکرار می‌گردد و باز هم به شعاع قطر ac و به مرکز c کمانی زده می‌شود و به مکانیابی نقاط A و B منجر می‌گردد و با امتداد خط AB به نقاط e و d می‌رسد که قطر خارجی برج‌های قلعه هستند (شکل ۷). به نظر می‌رسد انتخاب محل ورودی نیز تصادفی نبوده است. معمار ابتدا با ترسیم مربع AFac و زدن کمانی به مرکز a و شعاع af به نقطه e که مرکز ضلع cd است به تناسب زرین ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) دست یافته؛ سپس کمانی به مرکز a و به شعاع Ae ترسیم نموده و به نقطه D که ضلع بیرونی است، دست یافته است. آنگاه با در دست داشتن این دو نقطه، پیشخوان را راستای ایوان قرار داده است. ورودی‌ها در نمای شمالی بین دو برج کاملاً به صورت قرینه قرار گرفته‌اند (شکل ۸). همانگونه که از تصویر پیداست تناسبات زرین ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) در طراحی بیشتر اتاق‌های قلعه به کار برده شده است؛ حتی در تناسبات طولی ورودی بنا نیز از این نسبت‌ها بهره برده‌اند (شکل ۹). در مرحله آخر، همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، علاوه بر تناسبات زرین ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$)، تناسب مستطیل طلائی در مقیاس بزرگتر بر تعداد و اندازه اتاق‌های قلعه حاکم است و به نظر می‌رسد که از ترکیب دو تناسب طلائی و زرین، عرض کلی اتاق‌ها، محل ورودی‌ها، ابعاد ورودی‌ها و طاقچه‌ها تعیین شده است (شکل ۱۰).

۲. تحلیل هندسی نما و مقاطع قلعه میرغلام هاشمی

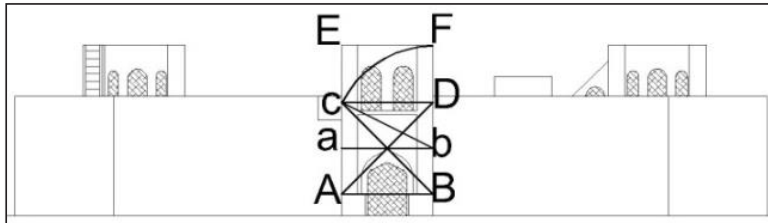
همانگونه که شکل ۱۱ نشان می‌دهد، در نمای جنوبی قلعه در عین تقارن، از تناسبات زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) استفاده شده است و با استفاده از افزایش ارتفاع ورودی از تناسب طلائی در نما بهره گرفته‌اند. در این نما، هم در عرض و هم در ارتفاع، استفاده از تناسب زرین ایرانی ($\sqrt{2}$) به وضوح دیده می‌شود. طراحی هندسه ورودی بنا کاملاً بر اساس تناسبات زرین بوده است (شکل ۱۲). معمار در نمای ورودی قلعه از تناسب زرین ایرانی ($\sqrt{2}$) برای مکانیابی ارتفاع قوس هلالی شکل در نما بهره برده و مبنای مربع را سکوی جلوی ورودی در نظر گرفته است. روش ترسیم به این صورت است که به مرکز B و به شعاع CF کمانی زده و به نقاط E و F دست یافته است که این نقاط دقیقاً بر شعاع خارجی قوس مماس است (شکل ۱۳).



شکل (۱۱). کاربرد هندسه و تناسبات طلائی و زرین ایرانی در نمای اصلی (جنوبی) قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

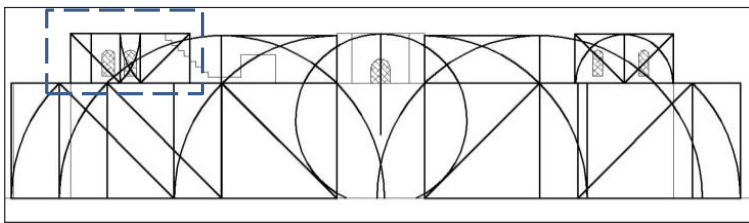


شکل (۱۲). کاربرد هندسه و تناسب‌های طلایی و زرین ایرانی در نمای سردر ورودی اصلی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

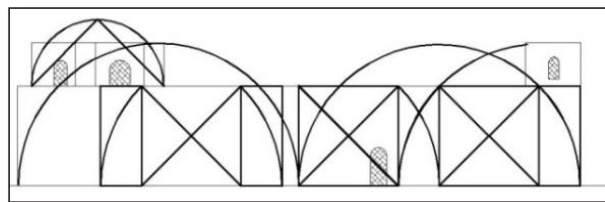


شکل (۱۳). کاربرد هندسه و تناسب‌های طلایی و زرین ایرانی در سردر ورودی اصلی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

به طور کلی هندسه در نمای شمالی مانند نمای جنوبی است؛ تنها تفاوت آن شاید اضافه شدن نمای شاه‌نشین در طبقه دوم باشد که در آن از ترکیب دو مستطیل با تناسب زرین ایرانی ($\sqrt{2}$) استفاده شده است؛ به طوری که یکی از طاق‌نماها کاملاً در مرکز این قاب قرار دارد (شکل ۱۴).

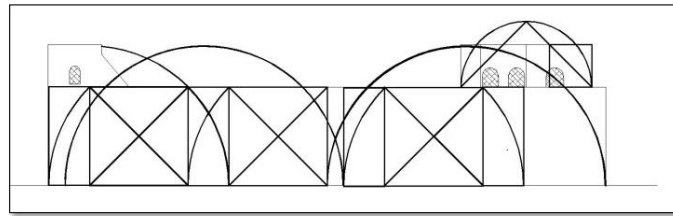


شکل (۱۴). کاربرد هندسه و تناسب‌های طلایی و زرین ایرانی در نمای شمالی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)



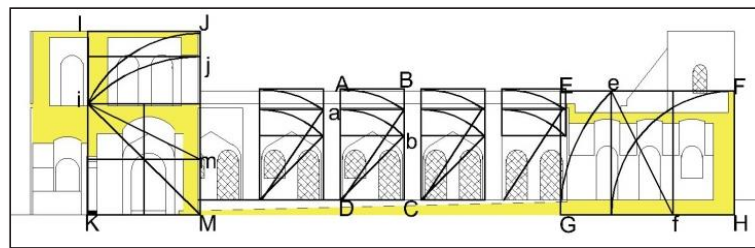
شکل (۱۵). کاربرد هندسه و تناسب‌های طلایی و زرین ایرانی در نمای شرقی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

هندسه ایرانی اسلامی در نمای غربی نیز همانند نمای شرقی به خوبی به کار رفته است. قطر دایره‌های بزرگ دقیقاً برابر با ارتفاع برج و پیش‌ورودی بناست و از تناسب‌های زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) نیز استفاده گردیده که باز هم متناسب با ارتفاع بنا و برابر شعاع دایره بزرگ است (شکل ۱۶).



شکل (۱۶). کاربرد هندسه و تناسبات طلائی و زرین در نمای غربی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

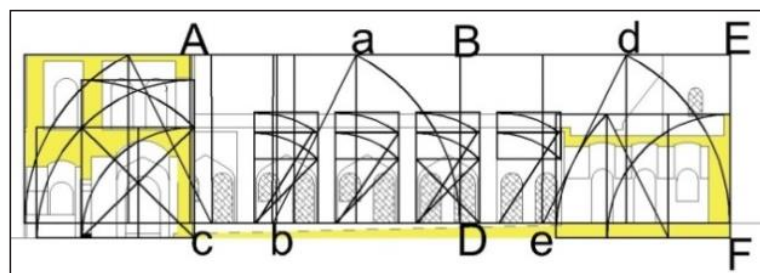
کاربرد هندسه و تناسبات طلائی و زرین ایرانی در نما و ارتفاع فضاهای داخلی قلعه نیز مشاهده می‌شود. شکل ۱۷ برشی از قلعه را نشان می‌دهد که از وسط ورودی اصلی در شمال بنا و ایوان واقع در بخش جنوبی قلعه عبور کرده است و شاهدی از ترکیب زیبای هندسه ایرانی با مستطیل طلائی در ارتفاع فضاهاست. ارتفاع گشودگی دیوار خان‌نشین با استفاده از تناسب زرین $\sqrt{2}$ و کمان ij به دست آمده و از طرفی این خط بر قوس دایره طاق‌نماهای داخل خان‌نشین کاملاً منطبق است. معمار همچنین با استفاده از مستطیل طلائی، به ارتفاع کلی ورودی که همان ضلع ji است، دست یافته و برای ترسیم آن به مرکز m کمانی به شعاع mi ترسیم کرده است (شکل ۱۷).



شکل (۱۷). کاربرد هندسه و تناسبات طلائی و زرین در برش طولی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

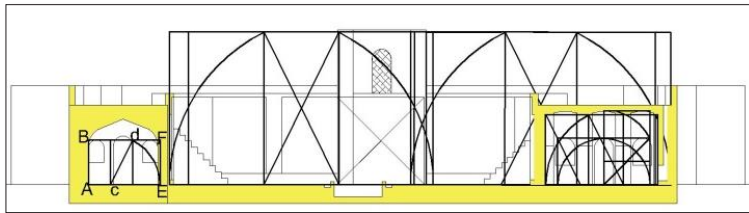
ایوان بنا با کمک یک مستطیل طلائی اجرا شده که در آن ارتفاع بنا، یعنی ضلع HF ، مبنایی برای محاسبه عرض ایوان قرار گرفته است؛ به صورتی که با زدن شعاع به مرکز f و شعاع ef نقطه G که همان محل شروع ورودی ایوان می‌باشد، به دست آمده است (شکل ۱۸؛ سمت راست). همانگونه که مشخص است معمار بنا با استفاده از مستطیل طلائی، که ارتفاع ورودی یعنی ضلع AC است، به عرض حیاط که دقیقاً دو عدد مستطیل طلائی (مستطیل‌های $ABCD$ و $BDEF$) است، دست یافته است (شکل ۱۸).

نمای اتاق‌ها ($ABCD$) با تناسبات زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) اجرا شده است؛ به صورتی که برای یافتن نقطه a که بر خط سقف بنا کاملاً منطبق است از $\sqrt{2}$ و برای یافتن ارتفاع جان‌پناه از $\sqrt{3}$ استفاده شده است (شکل ۱۹).



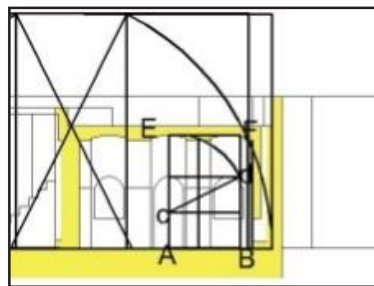
شکل (۱۸). کاربرد هندسه و تناسبات طلائی و زرین در اتاق‌ها و ایوان قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

شکل ۱۹ برشی عرضی از قلعه را نشان می‌دهد که به نظر می‌رسد با استفاده از دو مستطیل طلایی، که ضلع مربع آن همان ارتفاع ورودی ساختمان است، و ساختمان ورودی تا حدی در مرکزیت ترکیب قرار گرفته است. اتاق‌های کوچک (مربع ABFE) شاهد مستطیل طلایی دیگری است؛ به صورتی که ارتفاع پاکار قوس جناقی، که بر قوس قاب‌های هلالی شکل نیز مماس است، مبنایی برای عرض اتاق قرار گرفته است (شکل ۱۹).

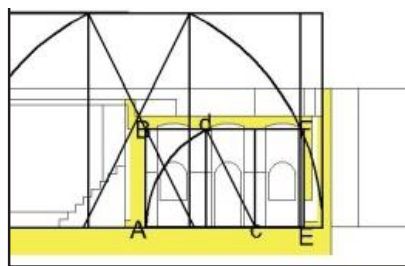


شکل (۱۹). کاربرد هندسه و تناسب‌های طلایی و زرین در برش عرضی قلعه میرغلام هاشمی (نگارندگان، ۱۳۹۹)

در اتاق‌های بزرگ باز هم از مستطیل طلایی برای تعیین قوس‌های سقف و ارتفاع قاب‌های هلالی شکل استفاده شده؛ به طوری که مربع اصلی مستطیل بر قوس در نقطه d مماس و ضلع EF بر قوس‌های داخل سقف مماس گردیده است (شکل ۲۰)؛ همچنین در طراحی این اتاق‌ها از مستطیل طلایی که ضلع مربع آن FE و برابر با ارتفاع سقف و مماس بر شروع قوس‌های داخل سقف است، جهت تعیین عرض اتاق استفاده شده؛ به طوری که کمان Ad بر دیوار اتاق یا همان ضلع AB مماس گردیده است (شکل ۲۱).



شکل (۲۰). کاربرد مستطیل طلایی برای تعیین قوس‌های سقف و ارتفاع قاب‌های هلالی شکل در اتاق‌های قلعه (نگارندگان، ۱۳۹۹)



شکل (۲۱). کاربرد مستطیل طلایی برای تعیین عرض اتاق قلعه (نگارندگان، ۱۳۹۹)

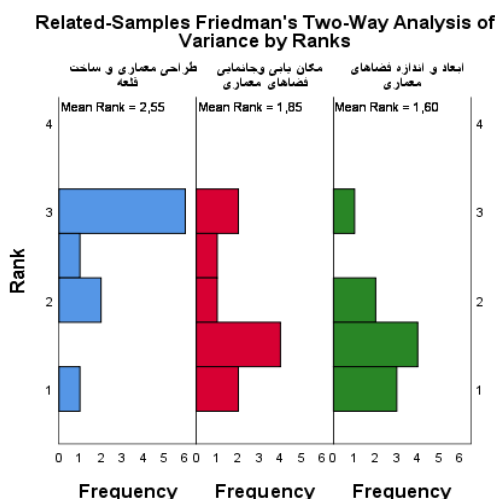
در ادامه به منظور سنجش و ارزیابی نتایج، محتوای مطالب و تحلیل هندسی نقشه‌های قلعه میرغلام هاشمی به اطلاع ده نفر از اساتید معماری، مرمت و باستان‌شناسی و تعدادی از کارشناسان



اداره میراث فرهنگی رسانده شد و از آنان خواسته شد در مورد تأثیرگذاری تناسبات طلائی و زرین بر طراحی معماری و ساخت قلعه، مکان‌یابی و جانمایی فضاهای معماری و ابعاد و اندازه فضاهای معماری، برحسب ۱ تا ۱۰ امتیازدهی کنند؛ سپس نظرات آنها با استفاده از نرم‌افزار spss26 و آزمون ناپارامتریک فریدمن در سطح خطای ۵ درصد بررسی و آنالیز شد.

جدول شماره (۳). تحلیل دوطرفه واریانس فریدمن (نگارندگان، ۱۳۹۹)

Related-Samples Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks Summary	
Total N	10
Test Statistic	5.543 ^a
Degree Of Freedom	2
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.063
a. Multiple comparisons are not performed because the overall test retained the null hypothesis of no differences.	



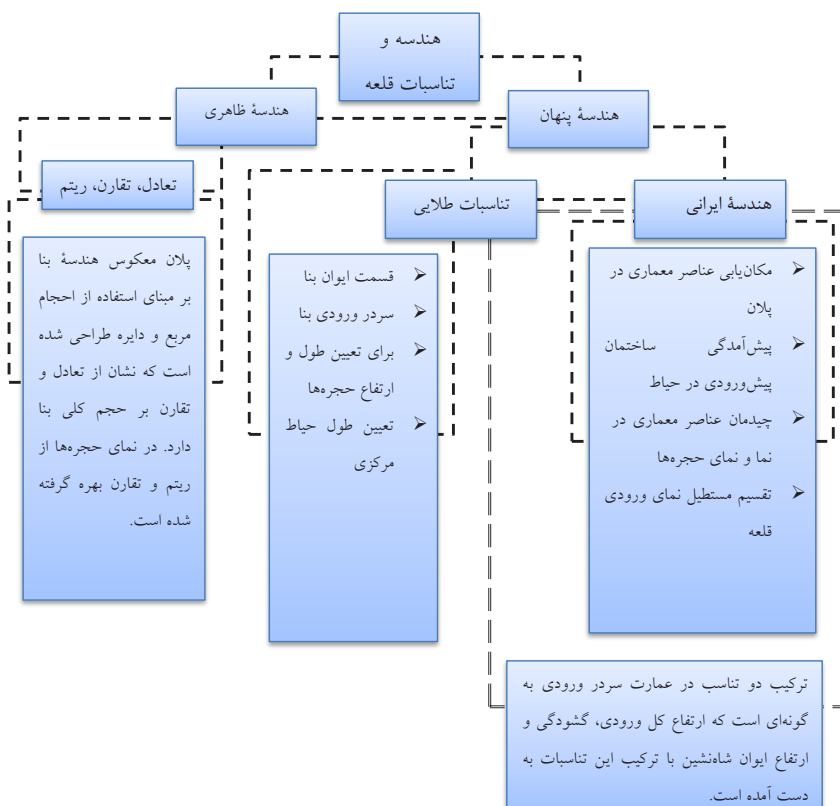
شکل (۲۲). تحلیل دوطرفه واریانس فریدمن توسط نمونه‌های مرتبط با رتبه‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۹)

نتایج آزمون آماری نشان می‌دهد که امتیازهای متخصصان حاکی از تأثیرگذاری هر سه گزینه از تناسبات طلائی و زرین است و با توجه به تحلیل دوطرفه واریانس آزمون فریدمن توسط نمونه‌های مرتبط با رتبه‌ها، «طراحی معماری و ساخت قلعه» رتبه اول، «مکان‌یابی و جانمایی فضاهای معماری» رتبه دوم و «ابعاد و اندازه فضاهای معماری» رتبه سوم را از لحاظ کاربرد و تأثیرپذیری تناسبات طلائی و زرین از نظر متخصصان و کارشناسان کسب نموده‌اند.

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل هندسی از ارکان مهم شناخت ویژگی‌های معماری بناهاست و آنچه یک بنای معماری را از سایر بناها متمایز می‌سازد، هندسه و نحوه چیدمان اشکال هندسی آن است. قلعه میرغلام هاشمی در کنار معماری ساده‌ای که دارد، به دلیل به کار رفتن هندسه در آن، مخاطب را در نگاه نخست به خود جذب می‌کند. تحلیل هندسی مرحله به مرحله نقشه‌های قلعه میرغلام هاشمی، کاربرد اشکال هندسی، همچون مربع و دایره را به صورت آشکار و پنهان در هندسه کلی بنا نشان می‌دهد و تحلیل هندسی بنا مؤید تسلط معمار و بانی بر اصول هندسی و تناسبات

طلایی و زرین ایرانی است؛ به گونه‌ای که هندسه بر تمامی اجزای قلعه، از مقیاس کلان گرفته تا مقیاس خرد حکمفرماست. تناسبات طلایی و تناسبات زرین ایرانی در تکامل بنا به خوبی با یکدیگر ممزوج شده است. شواهد نشان می‌دهد که از تناسبات زرین ایرانی ($\sqrt{2}$ و $\sqrt{3}$) بیشتر در جهت مکان‌یابی و جانمایی فضاهای معماری و از تناسبات طلایی بیشتر در تعیین ابعاد فضاها بهره گرفته شده است. واکاوای نماها و مقاطع نشان می‌دهد که معمار سیستم تناسبات زرین ایران را به منظور اصل اساسی در طراحی معماری قلعه به کار گرفته است. انتخاب و تقسیم مستطیل نمای اصلی (جنوبی) قلعه که کلیت اصلی بنا و تقسیم‌بندی عناصر در محور طولی بنا را تشکیل می‌دهد، از تناسبات حاکم بر این مستطیل پیروی می‌کند. نماهای شرقی و غربی نیز از هندسه ایرانی به خوبی بهره برده‌اند؛ به طوری که شعاع دایره‌های بزرگ دقیقاً برابر با ارتفاع برج و پیش‌ورودی بناست. عرض بنا از دو دایره بزرگ به شعاعی برابر ارتفاع ورودی بهره گرفته و تقریباً چهار برابر شعاع دایره بزرگ است. در بررسی مقطع عرضی بنا به نظر می‌رسد در اتاق‌های کوچک، ارتفاع پاکار قوس جناقی، که بر قوس قاب‌های هلالی شکل مماس هست، مبنایی برای عرض اتاق قرار گرفته و در اتاق‌های بزرگتر، ارتفاع سقف، که مماس بر شروع قوس‌های داخل سقف است، جهت تعیین عرض اتاق مد نظر بوده است. ورودی بنا یکی از نقاطی است که در آن، تناسب طلایی با تناسب زرین ایرانی ترکیب شده است. مقطع طولی بنا بار دیگر شاهد این ترکیب در عمارت سردر است؛ به گونه‌ای که ارتفاع کل ورودی، گشودگی و ارتفاع ایوان شاه‌نشین با ترکیب این تناسبات به دست آمده است.



شکل (۱۶). مدل مفهومی نتایج پژوهش (نگارندگان، ۱۳۹۹)



نتایج آزمون فریدمن در نرم افزار spss26 نشان می دهد که «طراحی معماری و ساخت قلعه» رتبه اول، «مکان یابی و جانمایی فضاهای معماری» رتبه دوم و «ابعاد و اندازه فضاهای معماری» رتبه سوم را از لحاظ کاربرد و تأثیرپذیری تناسبات طلایی و زرین از نظر اساتید و کارشناسان میراث فرهنگی کسب نموده اند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کارشناسان اداره میراث فرهنگی ایلام بابت همکاری در بازدید از قلعه و پیشنهادهای ارزنده شان تشکر و قدردانی می شود.

پی نوشتها

۱. ابوالوفاء بوزجانی، مشهور به حاسب، از بزرگان و مشاهیر در علم هندسه، متولد ۳۲۸ ق. در بوزجان (میان هرات و نیشابور) و متوفای ۳۸۸ ق. در بغداد است. وی در علم هندسه استخراجات غریبه ای دارد که پیش از او کسی به آنها دست نیافته است. اهمیت کار ابوالوفاء در تکمیل علم مثلثات است و قاعده مقادیر اربعه که امروزه مبنای حل مثلثات کروی است از اوست. یکی از آثار مکتوب او همین کتاب است که در اصل به زبان عربی است و می تواند اساس تدریس هندسه در معماری ایرانی در دانشکده های معماری باشد. کتاب ۱۲ باب دارد: ۱. اصول اولیه، ۲. کشیدن اشکال متساوی الاضلاع و الزوایا، ۳. کشیدن اشکال در دایره و بر دایره، ۴. ترسیم دایره بر اشکال، ۵. رسم دایره در اشکال، ۶. رسم اشکال در اشکال و بر اشکال، ۷. تقسیم مثلث ها، ۸. تقسیم چهارضلعی ها، ۹. تقسیم مربع ها به چند مربع و ...، ۱۰. جدا کردن راه، ۱۱. تقسیم دایره ها و ۱۲. تقسیم سطح کره و رسم اشکالی که بر کره می توان کشید. کتاب دو ضمیمه در علم هندسه نیز دارد.

۲. غیاث الدین جمشید کاشانی (درگذشت ۸۳۲ ق.) ریاضی دان و ستاره شناس قرن نهم هجری، یکی از نوابغ تاریخ ریاضیات است. او عدد پی را به دقیق ترین صورت از طریق چندضلعی های محاط بر دایره حساب کرد و مسئولیت رصدخانه ای را در سمرقند بر عهده گرفت. غیاث الدین، «مفتاح الحساب» خود را که یکی از مهمترین کتاب های ریاضی در دوره اسلامی است و نگارش آن از سال ۸۲۴ ق. تا ۸۳۰ ق. به طول انجامیده است، به الغ بیگ، فرزند و جانشین تیمور، تقدیم کرده که به عنوان پادشاهی ستاره شناس، ریاضی دان و اهل علم و ادب معروف بوده است.

۳. علی بن موسی الرضا (ع) در حدیثی مذکور در «اصول کافی» خطاب به یونس بن عبدالرحمن می فرماید: فتعلم ما لقدر؛ میدانی که قدر چیست؟ پاسخ می دهد: خیر؛ حضرت می فرماید: هی الهندسه وضع الحدود من البقاء و الفناء؛ قدر همان هندسه و مرزبندی است مانند بقا و زمان فنا.

الف) فارسی

- آیت‌اللهی، حبیب‌الله (۱۳۷۷)، مبانی نظری هنرهای تجسمی، تهران: سمت.
- ابن سینا، حسین (۱۴۰۶ ق./ ۱۹۸۶ م.)، «تسع رسائل فی الحکمه و الطبیعیات»، ترجمه حسن عاصمی، بیروت: دار قابس.
- الأسد، محمد (۱۳۷۶)، «کاربردهای هندسه در معماری مساجد»، ترجمه سعیدپور، هنر و معماری، شماره ۳۳، صص ۴۳-۳۵.
- انصاری، مجتبی و احد نژاد ابراهیمی (۱۳۸۹)، «هندسه و تناسب در معماری دوره ترکمانان قویونلو - مسجد کبود (فیروزه جهان اسلام)»، کتاب ماه علوم و فنون، دوره دوم، شماره ۱۲۹، صص ۳۵-۴۵.
- انصاری، مجتبی، هانیه اخوت و علی اکبر تقوایی (۱۳۹۰)، «تحقیقی پیرامون سیر تاریخی سیستم‌های تنظیم تناسب در معماری با تأکید بر ملاحظات کاربردی و زیباشناسی»، کتاب ماه هنر، شماره ۱۵۱، صص ۴۶-۵۷.
- بمانیان، محمدرضا، هانیه اخوت و پرهام بقائی (۱۳۹۰)، «کاربرد هندسه و تناسب در معماری»، تهران: هله/طحان.
- بوزجانی، ابوالوفا محمد (۱۳۶۹)، هندسه ایرانی، تصحیح و ترجمه سیدعلیرضا جذبی، تهران: سروش.
- حجازی، سید امیرمهرداد (۱۳۸۷)، «هندسه مقدس در طبیعت و معماری ایرانی»، تاریخ علم، دوره ۶، شماره ۷، صص ۴۴-۱۷.
- حیدری، شاهین (۱۳۸۸)، در جستجوی هویت شهری ایلام، تهران: مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.
- خوارزمی، مهسا و رضا افهمی (۱۳۸۹)، «هندسه کاربردی در تزیینات آثار معماری ایران قبل از اسلام»، کتاب ماه علوم و فنون، دوره دوم، شماره ۱۲۹، صص ۸-۱۳.
- دهار، علی و رضا علی پور (۱۳۹۲)، «تحلیل هندسی معماری مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان جهت تعیین ارتباط هندسی نمازخانه با جلوخان ورودی بنا»، باغ نظر، سال ۱۰، شماره ۲۶، صص ۳-۳۴.
- رضازاده اردبیلی، مجتبی و مجتبی ثابت‌فرد (۱۳۹۲)، «بازشناسی کاربرد اصول هندسی در معماری سنتی، هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی»، دوره ۱۸، شماره ۱، صص ۲۹-۴۴.
- زمرشیدی، حسین (۱۳۷۳)، طاق و قوس در معماری ایران، تهران: کیهان.
- ساریخانی، مجید، اکبر شریفی‌نیا و ندا قنبری (۱۳۹۱)، «نگاهی نوبه قلعه میر غلام هاشمی با توجه به عناصر سازنده بنا (قلعه یا کاروانسرا)»، پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دوره ۲، شماره ۲، صص ۱۶۱-۱۷۳.
- سیلوایه، سونیا، خسرو دانشجو و سعید فرمیهن فراهانی (۱۳۹۱)، «هندسه در معماری ایرانی پیش از اسلام و تجلی آن در معماری معاصر ایران»، نقش جهان، دوره سوم، شماره ۱.
- ضیایی‌نیا، محمدحسن و حسن هاشمی زرج‌آبادی (۱۳۹۵)، «تناسب طلایی و سیستم تناسبات ایرانی - اسلامی در مسجد جامع قائن»، مرمت و معماری ایران، سال ششم، شماره ۱۱، صص ۸۹-۹۹.
- عطاریان، کورش، کورش مؤمنی و زهره مسعودی (۱۳۹۴)، «بررسی تناسبات حیاط مساجد دوره صفویه اصفهان»، مطالعات تطبیقی هنر، سال پنجم، شماره ۱۰، صص ۶۷-۸۱.
- فارابی، محمد (۱۳۴۸)، إحصاء العلوم، تصحیح و ترجمه حسین خدیو جم، تهران: بنیاد فرهنگ ایران.
- کلمبک، لیزا و دونالد و بلبر (۱۳۷۴)، معماری تیموری در ایران و توران، ترجمه محمدیوسف کیانی و کرامت‌الله افسر، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- کلارک، راجر و مایکل اچ پاوز (۱۳۷۹)، ماهیت معماری، ترجمه محمد احمدی‌نژاد، تهران: خاک.
- محمودیان، حبیب‌الله (۱۳۸۳)، معرفی اجمالی قلعه‌های باستانی استان ایلام، ایلام: گویش.
- مهدوی‌نژاد، محمدجواد (۱۳۸۳)، «حکمت معماری اسلامی، جستجو در ژرف‌ساخت‌های معنوی معماری اسلامی ایران»، هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، دوره ۱۹، شماره ۱۹.
- نصر، سیدحسین (۱۳۶۶)، علم در اسلام، ترجمه احمد آرام، تهران: سروش.

ب) انگلیسی

- Abdullahi, Y. & Bin Embi, M. R. 2013, 'Evolution of Islamic Geometric Patterns', *Frontiers of Architectural Research*, 251-243, (2)2
- AI-Daffa, Ali Abdullah, *the Muslim Contribution to Mathematics, USA, Atlantic Highlands N.J. 1977.*
- Barratt, K. (1980). *Logic and design in art, science & mathematics.* London: The Herbert.
- Boussora, K. & Mazouz, S. (2004). *The use of the Golden Section in the Great Mosque at Kairouan.* *Nexus Network Journal*, 16-7: (1), 6.