

بررسی ظرافت شکل در گنبدخانه‌های ایرانی* (سده‌های نهم تا دوازدهم هجری)

مسعود وحدت‌طلب^{۱*}، سمیه قدیم‌زاده^۲

^۱ استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

^۲ دانشجوی دکتری معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۵/۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۷/۲۴)

چکیده

اهمیت گنبدخانه در معماری ایران سبب گردیده تا از نظر تأثیرگذاری زیبایی‌شناختی، همواره مورد توجه طراحان باشد. هدف از پژوهش حاضر، بازشناسی ویژگی‌های شکلی، هندسی و تناسباتی بناهای گنبدخانه‌ای با پوشش نار در دوره‌ی اسلامی با توجه به کیفیت بصری ظرافت است. به این منظور، ابتدا به شناخت ساختار و گونه‌های مختلف و روند تحولات شکلی گنبدخانه‌ها اقدام گردید. سپس ۱۸ بنای گنبدخانه‌ای از میان آرامگاه‌ها در بازه‌ی زمانی سده‌های نهم تا دوازدهم هجری انتخاب و با استفاده از روش مدل‌سازی و طراحی ابزار تحلیل هندسی بر پایه‌ی پنج ضلعی منتظم، خصوصیات هندسی بررسی و در گام بعد بر اساس تعریف چهار شاخص (سنجه)، تحلیل گردید. یافته‌ها نشان داد طرح گنبدخانه‌ها در بازه‌ی زمانی مورد بررسی، از چارچوب مشترکی برخوردار است به طوری که در اغلب نمونه‌ها، کشیدگی ارتفاعی گنبد، بیش از دو قسمت ساقه و پایه بوده و بخش فوقانی، بیش از نصف ارتفاع بنا را به خود اختصاص می‌دهد. در عین حال تفاوت‌هایی در نمونه‌های این دو دوره به خصوص از نظر شکل و تناسبات بخش فوقانی دیده می‌شود؛ به طوری که ظرافت کشیدگی در دوره تیموری و نیز اوایل صفوی؛ و ظرافت هماهنگی در دوره صفوی نمود بیشتری دارد. الگوی مشترک هندسی و شاخص‌های ارائه شده در این مقاله به عنوان دو روش مکمل یکدیگر می‌توانند در ارزیابی زیبایی‌شناختی گنبدخانه‌های مشابه به کار گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی

معماری ایرانی - اسلامی، گنبدخانه، ظرافت، شکل، آرامگاه.

*این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده‌ی دوم با عنوان «زیبایی‌شناسی ظرافت (بررسی تأثیر مؤلفه‌های شکلی ظرافت بر ترجیح زیبایی‌شناختی در گنبدخانه‌های ایرانی)» است که با راهنمایی نگارنده‌ی اول در دانشگاه هنر اسلامی تبریز در دست انجام است.

**نویسنده مسئول، تلفکس: ۰۴۱-۳۵۵۴۱۸۰۹، E-mail: m.wahdattalab@tabriziau.ac.ir.

مقدمه

طراحی بخش‌های مختلف، فنون اجرایی و گوشه‌سازی‌ها و آرایه‌سازی‌ها تحول یافته است که حکایت از تلاش در جهت ارتقای ظرافت و زیبایی در این ساختارها دارد. با وجود اهمیت فراوان گنبدخانه در معماری ایران، مطالعات اندکی در مورد طراحی گنبدخانه‌ها از منظر زیبایی‌شناختی و ارزش‌های بصری به‌ویژه در مورد شکل بیرونی صورت گرفته است. به‌علاوه در زمینه‌ی ارزیابی کمی ویژگی‌های شکلی، مطالعه‌ی چندانی انجام نشده است. لذا هدف از این پژوهش، بازشناسی ویژگی‌های شکلی، هندسی و تناسباتی در طراحی فرم بیرونی گنبدخانه‌های ایرانی و ارزیابی نقش کیفیت ظرافت در تحولات این فرم است. در این راستا تلاش می‌شود به این پرسش‌ها پاسخ گفته شود که گنبدخانه‌های ایرانی در دوره‌ی اسلامی، دارای چه ویژگی‌های مشترکی به لحاظ هندسی و تناسباتی هستند؟ با چه شاخص‌هایی می‌توان درباره‌ی ظرافت شکل گنبدخانه‌ها قضاوت نمود؟ با توجه به این‌که در دوره‌های تیموری و صفوی با رواج یافتن گنبد دویوش، شکل ظاهری گنبدها صورت تکامل یافته‌تری به خود می‌گیرد (هوف، ۱۳۸۳، ۴۱۳)، نمونه‌های موردی پژوهش (۱۸ بنای گنبدخانه‌ای با پوشش گنبد نار)، از این دو دوره انتخاب و تغییرات آنها به لحاظ نسبت‌های مهم، بررسی گردید. همچنین از آنجا که موارد بیشتری از این فرم، به صورت مستقل در معماری آرامگاه‌ها ظاهر شده است، نمونه‌ها از میان این نوع بنا انتخاب شده‌اند.

گنبدخانه^۱ ایرانی که با پوشش گنبد در زمینه‌ی چهارگوش به جهان معماری معرفی گردید، نخست در فرم چهارطاقی جلوه‌گر شد. چهارطاقی، یک کهن‌الگوی ماندگار در معماری ایران به شمار می‌رود. شکل آن گنبدی است قرارگرفته بر مکعبی دارای چهار قوس که به‌عنوان نموداری کیهانی مطرح می‌شود؛ خصلت اصلی آن ترکیب مربع زمینی و دایره آسمانی است (اردلان و بختیار، ۱۳۹۰، ۱۰۵). این فرم، چه در دوره‌ی قبل از اسلام و چه بعد از آن، واجد اهمیت بسیاری بوده است.

شکل‌گیری چهارطاقی و استفاده از آن، به قبل از دوره‌ی ساسانی بازمی‌گردد. در واقع، بنیان چهارطاقی در دوره‌ی هخامنشی شکل گرفت و در دوره‌های اشکانی و ساسانی تکامل یافت و به‌وفور مورد استفاده قرار گرفت (ملازاده، ۱۳۹۰، ۸۶۸). این فرم پس از اسلام نیز با راه‌یابی به فضای مساجد و جای‌گیری در قلب و نقطه کانونی بنا (حجت و همکاران، ۱۳۹۴)، اهمیت پیشین خود را بازیافت و هویت ایرانی فضا را تضمین نمود (گدار، ۱۳۶۸، ۱۸).

به دلیل همین اهمیت مشاهده می‌شود که در دوره‌ی اسلامی، چهارگوش گنبددار یا گنبدخانه، به‌عنوان کانون اصلی طرح در مساجد، مدارس، خانقاه‌ها و مقابر به کار گرفته شده و بیان معماری واحدی به آنها بخشیده است (هیلن‌برند، ۱۳۹۳، ۳۱۳). از این‌رو در طول دوران اسلامی، همواره از نظر زیبایی‌شناختی مورد توجه بوده و به گونه‌های متنوع جلوه‌گر شده است. به‌طوری‌که با وجود ثابت ماندن الگوی اصلی،

۱- پیشینه‌ی پژوهش

هیلن‌برند (۱۳۹۳) مطالب ارزشمندی عنوان نموده است. دیتس^۶ (۱۳۸۷) به منطق شکل‌گیری دالان (مردگرد) از نظر زیبایی‌شناختی و کارکردی در ساختمان آرامگاه‌ها اشاره نموده و تحول آن را مورد بحث قرار داده است. در ارتباط با زیبایی‌شناسی و بررسی هندسه و تناسبات در ساختار گنبدخانه‌ها، بررسی گنبدخانه تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان توسط شرودر^۷ (۱۳۸۷) قابل ذکر است که به تناسبات طلایی و نکات فنی و محاسبات دقیق در ساخت آن اشاره داشته، و آن را نمونه‌ی عملی یک گنبد ایده‌آل نامیده است. نوایی و حاجی قاسمی (۱۳۹۰)، به صورت مفصل‌تری ساختار هندسی این گنبدخانه و چندین بنای دیگر را در پلان، نما و مقطع تحلیل نموده‌اند که کاربرد هندسه‌ی پنج‌ضلعی را در طراحی این‌گونه بناها، نشان می‌دهد. پوراحمدی (۱۳۸۹)، با هدف رمزگشایی از هندسه‌ی پنهان در گنبد آرامگاه شیخ زاهد گیلانی، نمای این بنا را تحلیل و هندسه بسیار دقیقی را که در ساخت این گنبد

با توجه به این‌که بناهای گنبددار، بخش قابل توجهی از شناسنامه‌ی فرهنگی سرزمین ایران را تشکیل می‌دهند، مطالعات متعددی درباره‌ی آنها به انجام رسیده است. این مطالعات، از زوایای مختلفی صورت گرفته است. در زمینه‌ی بررسی تاریخی و سبکی، معرفی و دسته‌بندی این بناها با توجه به ویژگی‌های کالبدی می‌توان به آثار استاد پیرنیا (۱۳۵۲؛ ۱۳۷۰؛ ۱۳۷۳؛ ۱۳۸۰) و محققان خارجی چون پوپ^۲ (۱۳۷۳)، هیلن‌برند^۳ (۱۳۹۳)، ویلیبر^۴ (۱۳۶۵)، هوف^۵ (۱۳۸۳) و اوکین (O'kane, 1998) اشاره نمود. همچنین معماریان (۱۳۶۷؛ ۱۳۹۱) و زمرشیدی (۱۳۸۹)، مطالعات قابل توجهی در زمینه‌ی ریخت‌شناسی و گونه‌شناسی گنبد‌های ایرانی به لحاظ ساختمانی و هندسی انجام داده‌اند. اشکان و احمد (Ashkan and Ahmad, 2009) نیز در مطالعات خود، دسته‌بندی‌هایی در ارتباط با ساختار شکلی بناهای گنبددار ایرانی ارائه نموده‌اند. درباره‌ی مشخصه‌های معماری و نیز سیر تحول آرامگاه‌های گنبدپوش در ایران،

نوع مقابر محدود شد و طرح مربع گنبدپوش از مقبولیت بیشتری برخوردار گردید (هیلن برند، ۱۳۹۳، ۲۸۲-۲۸۳).

۳- ساختار شکلی گنبدخانه‌ها از داخل و خارج

گنبدخانه‌ها در داخل و خارج از ساختار سه بخشی برخوردار هستند. نمای داخلی گنبدخانه‌ها به سه منطقه‌ی مشخص تقسیم می‌شود. این سه منطقه که با گیلویی‌ها یا برجستگی‌های رف مانندی از یکدیگر مجزا و مشخص می‌شوند، عبارتند از: منطقه‌ی چهارگوش؛ منطقه‌ی انتقالی بین اتاق چهارگوش و گنبد روی آن؛ گنبد اصلی که گاهی اوقات در محورهای آن، پنجره‌های کوچکی باز می‌شده است (هوف، ۱۳۸۳، ۴۰۳-۴۰۴). در نمای بیرونی گنبدخانه‌ها نیز سه منطقه یا طبقه‌ی مشخص دیده می‌شود که عبارتند از: پایه‌ی مکعب شکل یا هشت‌گوش بنا؛ چنبره یا ساقه^۱ که بخش اتصال پایه بنا و گنبد به شمار می‌رود؛ و گنبد یا به طور دقیق‌تر پوسته بیرونی آن که «خود» نامیده می‌شود (پیرنیا، ۱۳۷۰، ۸ و ۱۳۸؛ همچنین نک: معاریان، ۱۳۹۱، ۳۷۹). در این مقاله برای این سه قسمت، اصطلاحات پایه، ساقه و گنبد به کار گرفته شده است.

تا قرن ششم هجری، از نظر انطباق سه منطقه‌ی فوق، بین شکل داخلی و شکل بیرونی فرم‌های گنبددار هماهنگی دیده می‌شود؛ اما پس از آن، با رواج پیدا کردن گنبد‌های دویپوسته‌ی گسسته و نیز استفاده از کاربردی برای تبدیل چهارضلعی به هشت‌ضلعی (معاریان، ۱۳۹۱، ۵۳۷)، نمود منطقه داخلی انتقال در نمای خارجی به صورت چنبره‌ی هشت‌گوش کمتر دیده می‌شود؛ به عبارتی در احجام اولیه مراحل چنبره‌سازی نمود بیرونی دارد؛ اما در دوره‌های بعد، در قسمت پایه مکعب شکل یا هشت‌گوش بنا مخفی است و در قسمت میانی بنا، ساقه استوانه‌ای معروف به گریو و یا اربانه خودنمایی می‌کند (تصویر ۱).

۳-۱-۱- شکل بیرونی گنبدخانه‌ها

۳-۱-۱-۱- انواع پایه

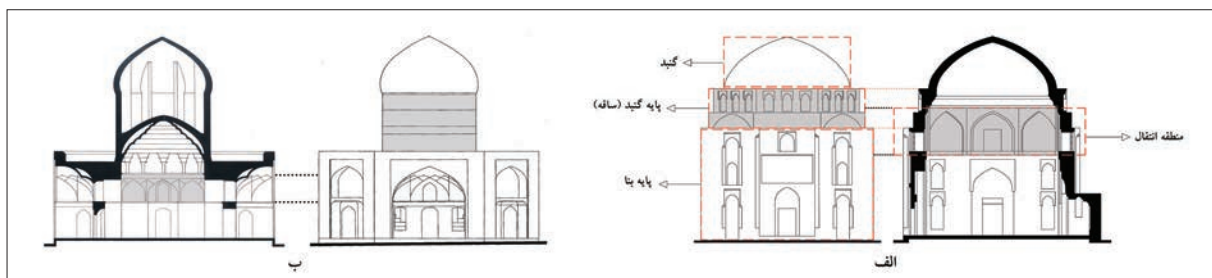
مربع گنبدپوش با توجه به شکل پایه یا بخش تحتانی بنا، سه حالت اصلی مربع، هشت‌ضلعی مساوی و هشت‌ضلعی نامساوی می‌تواند داشته باشد (تصویر ۲). در حالتی که قاعده به شکل مربع باشد، دایره‌ی محیطی آن، بیشترین قطر را نسبت به دو

به‌کاررفته، شناسانده است. مطالعه‌ی رضازاده اردبیلی و ثابت فرد (۱۳۹۲) بر فرم معماری قصر خورشید، هندسه‌ای را که بر مبنای شش ضلعی منتظم بوده و به‌طور هماهنگ در پلان، نما و مقطع این بنا به کار گرفته شده است، نشان می‌دهد. همچنین مطالعه کرسوی و علی‌آبادی بر تناسبات پلان‌های برج مقبره‌ها را می‌توان ذکر نمود که برای بیشتر نمونه‌های مورد تحلیل، نسبت اندازه‌ی قطر بیرونی به قطر داخلی پلان را نزدیک به عدد گنگ $\sqrt{2}$ و در چند نمونه نزدیک به $\sqrt{3}$ به دست آوردند (Korsavi and Aliabadi, 2015).

در تحقیقات صورت گرفته تاکنون، ویژگی‌های هندسی مشترک گنبدخانه‌ها و تحولات نمای بیرونی از منظر زیبایی‌شناختی به صورت نظام‌مند مطالعه نشده است. در مقایسه با کارهای قبلی انجام‌شده، در این مقاله، نمونه‌های بیشتری با مؤلفه‌ها و شاخص‌های یکسان مورد تحلیل قرار گرفته و سعی شده است تا با مطالعه‌ی کمی روند تغییرات از منظر ظرافت و زیبایی در شکل کلی، معیارهایی برای قضاوت زیبایی‌شناسانه به دست آید.

۲- گنبدخانه در مقابر ایرانی

هیلن برند، آرامگاه ایرانی را شامل دو گونه اصلی دانسته است: آرامگاه برجی و چهارگوش گنبدپوش. در این دسته‌بندی، گنبد روی هشت‌ضلعی به‌عنوان یکی از گونه‌های مربع گنبدپوش، معرفی شده است. به اعتقاد وی هرچند برج - مقبره‌ی هشت‌ضلعی و هشت‌ضلعی گنبدپوش، گه‌گاه با یکدیگر همپوشی دارند، اما معمولاً در نسبت عرض به ارتفاع، اختلاف آنها روشن می‌شود؛ چراکه برج- مقبره، تأکید بر ارتفاع محض دارد (هیلن برند، ۱۳۹۳، ۲۷۹-۲۸۱). همچنین، آرامگاه‌های برجی شکل غالباً پوشش‌های نیم‌دایره کم‌خیز و ژگ دارند (پژوهشگاه فرهنگ و هنر اسلامی، ۱۳۷۸، ۲۲۹). در دسته‌بندی دیگری که کامل‌تر است بناهای آرامگاهی به پنج دسته تقسیم شده‌اند: مقابر برجی؛ مقابر گنبدخانه‌ای؛ مقابر کوشکی (گنبدخانه و چهار ایوان)؛ مقابر گسترده و مقابر مجموعه‌ای (حاجی قاسمی، ۱۳۸۹، ۱۰). اولین آرامگاه به صورت مربع گنبدپوش در جهان ایرانی، مقبره‌ی امیر اسماعیل سامانی در بخارا (ازبکستان کنونی) است که در اواخر سده‌ی سوم هجری ساخته شد (نیستانی و رحیمیان، ۱۳۹۶، ۲۴). در دوره‌ی سلجوقی، ساخت مقابر برجی رواج بیشتری یافت؛ اما از دوره‌ی ایلخانی به بعد، ساخت این



تصویر ۱- اجزای گنبدخانه از داخل و خارج و میزان انطباق آنها در دو نمونه: الف: مقبره‌ی دوازده امام از قرن پنجم هجری؛ ب: مقبره‌ی ملاحسن کاشی از قرن دهم هجری. مأخذ: (تصاویر نما و مقطع: حاجی قاسمی، ۱۳۸۹، ترسیم از نگارندگان)

گنبدها از نظر ساختمانی به سه دسته قابل تقسیم هستند: دوپوسته به هم پیوسته یا تک پوسته؛ دوپوسته پیوسته میان تهی (نیم پیوسته)؛ و دوپوسته گسسته (گسیخته) (پیرنیا، ۱۳۷۰، ۶۳-۷۹).

اهمیت حفظ جلوه‌ی خارجی بنای گنبددار و همچنین حفظ تناسب مطلوب برای فضای داخلی این بناها، اندیشه ساخت گنبدهای دوپوسته گسسته را به وجود آورد که مقبولیت گسترده‌ی آنها را در پی داشته است (معماریان، ۱۳۶۷، ۲۳۹). در پوسته بیرونی این گنبدها، از شکل‌های مختلفی استفاده شده که مهم‌ترین آنها، شبدری با خیز نسبتاً زیاد است. نوع دیگر که در منطقه‌ی فارس معمول است، مصطلح به غنچه‌ای و دارای خیز بسیار زیاد است (همان).

گنبدهای گسسته، معمولاً روی گریو و به دوروش «شلال» و «آوگون» ساخته می‌شوند. گنبدها با روش آوگون در ناحیه‌ی اتصال گنبد و ساقه، بیرون‌زدگی منحنی شکل از راستای ساقه دارند و حالت شکم‌دار به خود می‌گیرند. در روش شلال (کشیده)، دور گنبد بدون پیش‌آمدگی و یا با پیش‌آمدگی اندکی نسبت به امتداد ساقه یا گریو اجرا می‌شود (معماریان، ۱۳۶۷، ۲۳۹؛ زمرشیدی، ۱۳۸۹، ۳۲۵-۳۲۶). گنبدی که در ساخت آن از آوگون استفاده شود، بسته به شکل رأس گنبد، حبابی یا پیازی^۱ نامیده می‌شود.

۴- سیر تحولات شکلی گنبدخانه از منظر ظرافت و زیبایی

مربع گنبددار، حضور دیرینه و پایداری در معماری ایرانی داشته است و به سبب همین حضور در طول دوره‌های تاریخی

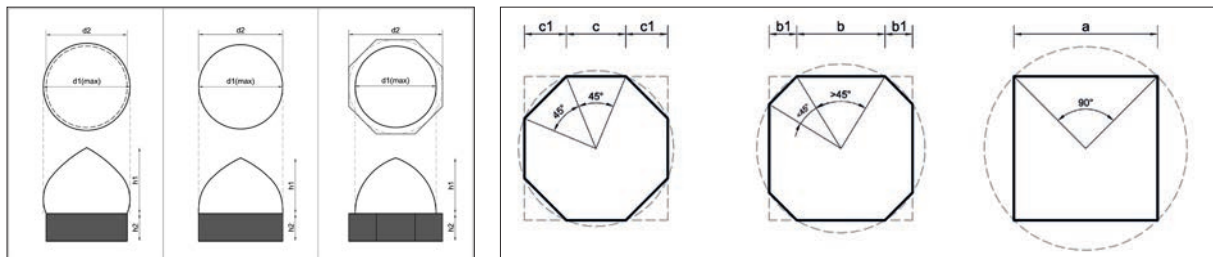
حالت دیگر دارد و پایه، بزرگ‌تر به نظر خواهد رسید. در مورد آرامگاه‌ها، طرح هشت‌ضلعی به مرور بر طرح مربع برتری یافته است (هیلن برند، ۱۳۹۳، ۲۸۰).

۳-۱-۲- انواع ساقه

این قسمت به شکل‌های چهارگوش، هشت‌گوش، شانزده گوش و استوانه دیده می‌شود که گاه به صورت دوطبقه بوده و ترکیبی از شکل‌های یادشده را دارا است. در برخی منابع، اصطلاح ساقه به گریو و یا اربانه و اصطلاح چنبره به هشت‌ضلعی پایه‌ی گنبد اختصاص یافته است. در این مقاله، این اصطلاح به‌طور کلی برای اشاره به حدفاصل گنبد و بام؛ و چنبره برای حالتی که قطر ساقه از بیشینه قطر گنبد بزرگ‌تر باشد، به‌کار رفته است (تصویر ۳). بر این اساس، پنج گونه ساقه را می‌توان از هم تفکیک نمود که عبارتند از: ۱- چنبره چهارگوش، هشت‌گوش یا شانزده گوش؛ ۲- چنبره استوانه‌ای؛ ۳- چنبره دوطبقه و در بعضی مواقع سه طبقه (هر دو بخش به صورت هشت‌گوش یا ترکیبی از هشت‌گوش و شانزده گوش و استوانه)؛ ۴- چنبره و گریو و یا چنبره و اربانه؛ ۵- گریو به تنهایی (تصویر ۴).

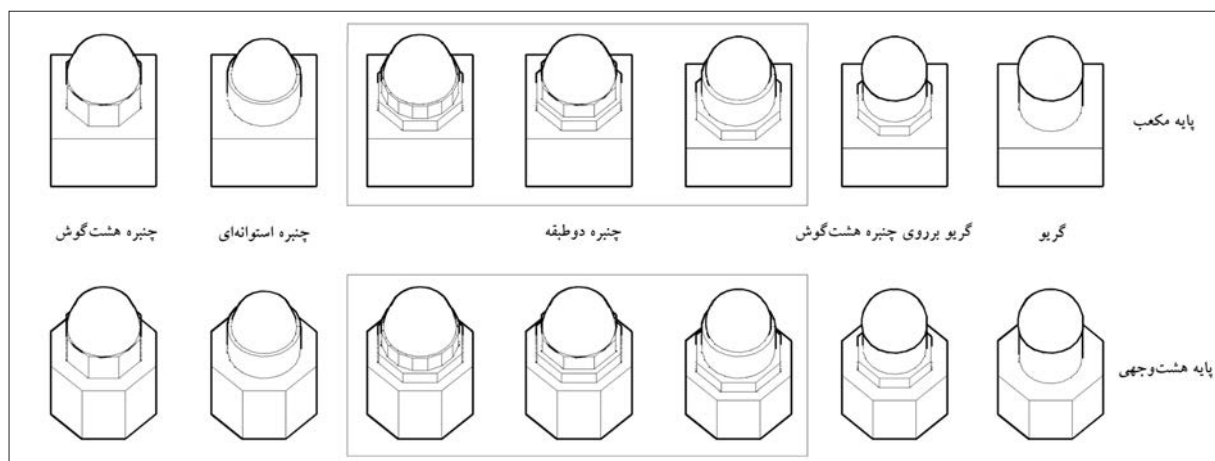
۳-۱-۳- انواع گنبد

مهم‌ترین قسمت بناهای گنبددار، پوشش گنبدی آنها به شمار می‌رود. در مورد انواع گنبد، دسته‌بندی‌های مختلفی ارائه شده است. گنبدهای ایرانی به دو دسته‌ی مازه‌دار و تیزه‌دار تقسیم می‌شوند و به‌طور معمول، از دو پوسته ساخته می‌شوند که پوسته درونی را آهیانه و پوسته بیرونی را خود می‌نامند. همچنین



تصویر ۳- سه حالت اصلی گنبد و ساقه نسبت به هم.

تصویر ۲- سه حالت اصلی برای قسمت پایه گنبدخانه.



تصویر ۴- طبقه‌بندی گنبدخانه‌ها بر اساس نوع ساقه.

(اتینگهاوزن و گرابر، ۱۳۹۶، ۳۹۴). گنبد سلطان بخت آغا (۷۵۳ ه.ق.) در اصفهان، نخستین نمونه‌ی شناخته‌شده و موجود از گنبد دویپوسته گسسته است که پوسته درونی و بیرونی، مقاطع کاملاً متفاوتی دارند (O'Kane, 1998).

توجه به ظرافت و عمودی‌سازی، کماکان در دوره تیموری ادامه یافت. همچنین در این دوره، به‌کارگیری دقت تناسباتی و ظرافت هندسی مورد اهتمام معماران بود. تمام سیستم‌های هندسی که از قرن چهارم هجری به کار می‌رفت، مورد استفاده قرار می‌گرفت که عمدتاً شامل چهار سیستم اصلی بود: ۱- مربع و مشتقات آن؛ ۲- مثلث متساوی‌الاضلاع و مشتقات آن؛ ۳- نیم مربع و ۴- ریشه‌ی پنج مستطیل (گلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴، ۱۹۷). با این‌که پس از تیمور بناهای با عظمت کمتر ساخته می‌شد؛ اما تأثیرگذاری زیبایی‌شناختی به دلیل هماهنگی نسبت‌ها حتی در نمونه‌های کوچک‌تر دوره‌ی تیموری نیز دیده می‌شود (اوکین، ۱۳۸۶، ۲۱۹).

در دوره‌ی صفویه نیز با استفاده از تجارب دوره‌ی تیموری، گنبدخانه‌هایی در اوج زیبایی و ظرافت در بناهایی نظیر مسجد امام و مسجد شیخ لطف‌الله و مدرسه چهارباغ ساخته شدند. البته در مورد معماری آرامگاه‌ها، هیلن برنند معتقد است نوعی افول در دوره صفوی و پس از آن دیده می‌شود؛ چراکه ساخت آرامگاه‌ها در مقیاس باشکوه و شاهانه متوقف گردید (هیلن برنند، ۱۳۹۳، ۲۹۶)؛ اما همچنان که اوکین (۱۳۸۶) در مورد نمونه‌های با مقیاس کوچک‌تر در دوره‌ی تیموری ذکر کرده است، علی‌رغم این مسئله، تلاش معماران برای ایجاد ظرافت را در دقت تناسبات، هماهنگی، آراستگی و سبکی، تحرک و تنوع حتی در نمونه‌های کوچک‌تر نیز می‌توان مشاهده نمود.

۵- هندسه و تناسبات در گنبدخانه‌ها

هندسه و تناسبات در طراحی گنبدخانه‌ها نقشی اساسی داشته است. بر اساس مطالعات بولاتف^{۱۰}، برای ایجاد هماهنگی در طرح، یک اندازه به‌عنوان واحد مولد به کار می‌رفت و همه ابعاد مهم، هم در طرح افقی و هم در طرح عمودی، تابع آن بود. معمولاً مهم‌ترین ویژگی طرح، برای مثال در مورد یک گنبدخانه بزرگ، طول ضلع آن به‌عنوان واحد مولد انتخاب می‌شد (گلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴، ۱۹۶).

گنبد تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان، از جمله گنبدهایی است که هم به لحاظ زیبایی‌شناختی و هم به لحاظ سازه‌ای اهمیت فراوانی دارد. اریک شرودر در تحلیل هندسی این گنبدخانه، تناسبات طلایی به کار گرفته شده در تقسیمات ارتفاعی را مشخص می‌سازد. وی بیان می‌کند که پنج ضلعی درون گنبد، الگوی معمار برای به‌کارگیری این نسبت‌ها بوده است (شرودر، ۱۳۸۷، ۱۲۱۵-۱۲۱۶).

شکل پنج‌ضلعی منتظم سرشار از تناسبات طلایی است. این شکل و ستاره پنج‌پر منتظم که از رسم اقطار آن حاصل می‌شود، چندضلعی‌های طلایی مهمی هستند که توسط فیثاغورسیان،

مختلف، در جهت اصلاح آن از دو جنبه فرم و ساختار تلاش شده است. به‌گفته ابوالقاسمی، تلاش معماران ایرانی همواره احداث بناها و پوشش‌هایی بوده که در عین استواری، از ظرافت برخوردار باشند و این امر از طریق احاطه به مسائل نیارشی و استفاده از تقابل نیروها ممکن می‌شد (ابوالقاسمی، ۱۳۸۳، ۳۸۸). به عبارتی فن ساخت در معماری ایران، از مسائل مربوط به فرم جدا نبوده و در جهت هدایت می‌شد که «از هزینه ماده بکاهد» (فلامکی، ۱۳۹۱، ۳۲۷). در مورد بناهای گنبددار نیز دستیابی به کیفیت ظرافت مهم بوده است. در طول زمان، سبکی گنبدها هم به‌صورت مادی و هم به‌صورت بصری، معیار برتر زیبایی در گنبدها به‌شمار می‌رفت که نسبتی مستقیم با مهارت داشت (اردلان و بختیار، ۱۳۹۰، ۱۰۵).

فن گنبدسازی تا پیش از دوره سلجوقی، روند تکامل مستمری را شاهد بوده است (نیستانی و رحیمیان، ۱۳۹۶، ۲۴). در دوره‌ی سلجوقی، با ساخت گنبد نظام‌الملک و سپس تاج‌الملک که در ظرافت، گوی سبقت را از آن ربود، گنبدسازی وارد مرحله نوینی شد. در این دوره، تجربه‌های ارزشمندی در گنبدسازی به دست آمد که زمینه‌ی تحولات بعدی را فراهم ساخت. در دوره‌ی ایلخانی، حساسیت بیشتری در جهت ایجاد موزونی و تناسب و ظرافت در بناها پدیدار گردید و با وجود به‌کارگیری مقیاس‌های بزرگ به کمک تقسیم کردن بعضی از عناصر ساختمانی مانند جرزهای گوشه‌ای و طاق‌ناها و دریچه‌ها، بناها سبک‌تر شد و از حجم‌های توپر کاسته و به فضاهای خالی افزوده گردید و به‌این‌ترتیب، سیستم نورگیری نیز تنظیم بهتری یافت (پوپ، ۱۳۷۳، ۲۲۹). نکته دیگر آنکه گنبدها که به‌طور معمول دوسوم قسمت فوقانی بنا را تشکیل می‌داد، با لطافت بیشتری با قسمت پایه پیوند یافتند و سکنج‌های خشن سلجوقی با استادی اصلاح گردید (همان). ویلبر نیز معتقد است عناصر و جزئیات ساختمانی در دوره‌ی ایلخانی نسبت به دوره سلجوقی ظریف‌تر گردید که عمدتاً از طریق تأکید بر عمودیت نمای ساختمان و سبک‌تر و نازک‌تر شدن کالبد ساختمان، همچنین ارتباط بیشتر داخل و خارج حاصل می‌شد (ویلبر، ۱۳۶۵، ۸۲). وی افزایش نسبت ارتفاع به عرض گنبدخانه و ایوان؛ افزایش بلندی ساختمان‌های گنبدشکل به‌وسیله‌ی استفاده از گنبد دویپوسته؛ ترکیب‌های باریک به لحاظ تناسب؛ باریک جلوه دادن جزئیات ساختمان در داخل و خارج بناها نظیر نغول‌های فرورفته دیوار و نیم‌ستون‌های زاویه‌ای را، جزو روش‌های ایجاد باریکی یا عمودیت (کشیدگی ارتفاعی) در دوره‌ی ایلخانی ذکر کرده است (همان، ۸۲-۸۳). این موضوع توسط پوپ (۱۳۸۷، ۱۲۶۹) و بلرو بلوم (۱۳۹۶، ۱۴ و ۲۴) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. همچنین در این دوره، از قاعده‌ی دایره‌وار به‌جای چندوجهی زیر گنبد، استفاده شد که در معماری تیموری به‌صورت شکلی متداول درآمد (گلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴، ۱۶۲). اما مهم‌ترین تغییر مربوط به استعمال گنبدهای دویپوسته گسسته است. رواج گنبد دویپوسته، تحولی را در زمینه‌ی زیبایی‌شناسی گنبد ایجاد کرد؛ چراکه بر بخش بیرونی گنبد نیز همچون درون آن تأکید داشت

شد و بخش گنبددار به طور مستقل بررسی گردید. در بقعه‌ی شهشهان اصفهان نیز به این ترتیب عمل شد. همچنین در بقعه‌ی شیخ جبرئیل (دوره صفوی)، بخش نیم‌هشت در جبهه شمالی نادیده گرفته شده و بنا به صورت گنبدخانه‌ای با پایه مکعب در نظر گرفته شد. معیار مهم دیگر در انتخاب نمونه‌ها، تنوع شکلی بود؛ به همین دلیل انتخاب بناها از چندین منطقه ایران کنونی (نواحی مرکزی و شمال شرق و شمال غرب) صورت پذیرفته است. برای مثال بنای امام‌زاده میرعلی بن حمزه (ع) در شیراز انتخاب گردید تا بتوان انواعی از شکل گنبدها از جمله گنبد غنچه‌ای را که در این بنا به کار رفته است، مورد بررسی قرار داد. نمای این بنا با حذف مناره‌ها بررسی گردید. دارا بودن ارتفاع بیش از ده متر و برخورداری از دورنمای قابل توجه، از معیارهای دیگر انتخاب بوده است.

بررسی اندازه‌ها و تناسبات بر اساس نقشه‌های چاپ شده در کتاب گنجانمه با موضوع امام‌زاده‌ها و مقابر (دفاتر ۱۱، ۱۲ و ۱۳) و در پاره‌ای موارد با رجوع به منابع دیگر انجام گردید. همچنین در موارد ضروری، اصلاحات جزئی در نقشه‌های گنجانمه بر اساس سایر منابع اعمال گردید. لازم به ذکر است که موجود نبودن یا عدم دسترسی به ترسیماتی با دقت کافی و همچنین تغییرات صورت یافته در برخی نمونه‌ها نظیر فروریختن پوشش دوم و خارج شدن بنا از شکل اولیه آن، از محدودیت‌های این پژوهش به شمار می‌رفت که به همین دلیل برخی از نمونه‌ها از فهرست بررسی حذف شدند.

در مرحله‌ی اول، بررسی تناسبات هندسی به کمک طراحی الگوی هندسی مشترک مبتنی بر پنج ضلعی منتظم انجام شد. در مورد تمام نمونه‌ها، مقیاس نمای بیرونی در نرم‌افزار اتوکد طوری تغییر داده شد که ارتفاع بنا از تیزه‌ی گنبد تا سطح زمین بر ارتفاع پنج ضلعی الگو (یک واحد) منطبق گردد. پاره‌ای خصوصیات هندسی بر اساس انطباق با الگوی پنج ضلعی شناسایی شد. در مرحله‌ی دوم، بر اساس مرور ادبیات موضوع که مؤلفه‌هایی چون ترکیب‌های باریک به لحاظ تناسب در مورد ظرافت شکلی مطرح گردیده بود، چند شاخص برای سنجش خصوصیات فیزیکی با توجه به ساختار سه‌بخشی گنبدخانه تعریف گردید (جدول ۲). مهم‌ترین شاخص برای سنجش باریکی و بلندی را می‌توان نسبت ارتفاع به عرض (یا طول) دانست، که برای سه بخش گنبد و ساقه و پایه به تفکیک و نیز برای بخش فوقانی (گنبد و ساقه) و کل گنبدخانه محاسبه گردید. همچنین با توجه به دو مطالعه انجام‌گرفته در مورد تناسبات اجزای گنبدخانه‌ها توسط شرودر (۱۳۸۷) و نوایی و حاجی قاسمی (۱۳۹۰) که تغییرات در ارتفاع و تغییرات در عرض را مورد توجه قرار داده بودند، می‌توان ارتفاع اجزا نسبت به هم (به‌طور مثال نسبت ارتفاع ساقه به ارتفاع پایه) و عرض اجزا نسبت به هم (به‌طور مثال نسبت عرض گنبد به عرض ساقه) را نیز از عوامل مؤثر بر ظرافت شکل گنبدخانه قلمداد نمود که در این رابطه دو شاخص تعریف شد. از آنجا که بخش گنبد، نقش بسزایی در ظرافت شکل گنبدخانه‌ها دارد، این سؤال وجود

مقدس شمرده می‌شدند (Craft, 2012; دکزی، ۱۳۸۸، ۷). با رسم اقطار پنج ضلعی منتظم، مثلث‌های متساوی‌الساقین طلایی با زاویه‌ی رأس ۳۶° درجه به دست می‌آید. در این مثلث‌ها، نسبت طول قاعده به ضلع جانبی برابر $۰/۶۱۸$ ($\frac{1}{\phi}$) و زاویه‌های جانبی ۷۲° و زاویه رأس ۳۶° است (Craft, 2012). در مورد بدن انسان نیز این نسبت‌ها وجود دارد؛ برای مثال اگر بازوها را در امتداد صورت یا در بالای سر به هم برسانیم به‌گونه‌ای که نوک انگشتان دو دست با هم تماس یابند، زاویه ۳۶° تشکیل می‌دهند. به عبارتی بدن انسان قابل محاط شدن در زاویه‌های یک پنج ضلعی است (کریر، ۱۳۸۰، ۴۲). در حقیقت زیبایی تناسبات طلایی نزد انسان‌ها را، نوعی ستایش ناخودآگاه از تناسبات اعضای کالبد فیزیکی می‌توان دانست (وحدت طلب، ۱۳۹۳، ۱۳). این تناسبات و هماهنگی‌ها قراردادی نبوده دارای کیفیتی فرازمانی و فرامکانی هستند و انسان‌ها به‌طور ناخودآگاه از آن لذت می‌برند (طاهباز، ۱۳۸۳، ۹۲).

تحلیل هندسی برش عمودی گنبدخانه‌های تاج‌الملک مسجد جامع اصفهان (قرن پنجم هجری)؛ مسجد جامع ورامین (قرن هشتم هجری) و مسجد امام اصفهان (قرن یازدهم هجری)، نشان‌دهنده‌ی آن است که طراحان برای ایجاد نظم و ارتباط بین اجزا از پنج ضلعی منتظم استفاده کرده‌اند که مهم‌ترین نمود آن در بناهای فوق، تعیین ارتفاع گنبدها بر اساس طول ضلع پایه است (نوایی و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰، ۱۴۴).

۶- روش پژوهش

این پژوهش با استفاده از روش مدل‌سازی و استدلال منطقی و بر اساس اسناد و منابع کتابخانه‌ای انجام یافته است. نمونه‌های موردی به روش نمونه‌گیری هدفمند طبقه‌ای، از میان آرامگاه‌هایی به صورت مربع یا هشت ضلعی گنبدپوش با گنبد ناری (منحنی) و از دو دوره‌ی تیموری و صفوی انتخاب گردیدند. ابتدا فهرست اولیه‌ای بالغ بر ۴۰ بنا از آرامگاه‌های این دو دوره که در منابع مختلف مورد اشاره قرار گرفته بودند، تهیه شد. سپس نمونه‌های نهایی شامل ۱۸ بنا (۹ بنا متعلق به دوره تیموری و ۹ بنا متعلق به دوره صفوی) از این فهرست بر اساس چند معیار انتخاب شدند (جدول ۱). از آنجا که فرم مربع گنبددار در دو نوع مستقل و ترکیب یافته با عناصر دیگر مشاهده می‌شود، سعی گردید تا نمونه‌هایی که امکان بررسی مستقل آنها وجود دارد، انتخاب شود. در رابطه با انتخاب بناها، از دوره تیموری محدودیت‌هایی وجود داشت؛ زیرا بیشتر بناهای معروف این دوره، در خارج از ایران کنونی واقع هستند؛ از جمله آرامگاه تیمور و مجموعه شاه زنده در سمرقند و آرامگاه گوهرشاد در هرات که از فهرست اولیه حذف گردیدند. لذا از این دوره، برخی نمونه‌ها نظیر مقبره امیر غیاث‌الدین ملک‌شاه (مسجد شاه مشهد) و گنبد فیروزشاهی^{۱۱} که غیرمستقل، اما از نظر ویژگی‌های زیبایی‌شناختی و سبکی مهم بودند، انتخاب شدند. در چنین مواردی، فضاهای جانبی و عناصری نظیر سردر نادیده گرفته

با عنوان زاویه رأس قوس گنبد تعریف گردید. با این فرض که هرچه گنبد پهن‌تر و منحنی گنبد به نیم‌دایره نزدیک شود، این زاویه بیشتر می‌شود و هرچه گنبد باریک‌تر شده و به مخروط نزدیک شود، این زاویه کمتر می‌شود که به نظر می‌رسد حالت بهینه بین این دو حالت باشد. پس از تعیین شاخص‌ها، مشخصات نمای هر یک از بناها با استفاده از آنها مطالعه شد.

داشت که اختصاص چه میزان از ارتفاع کلی و نیز عرض کلی به بخش فوقانی یا بخش گنبد، این هدف را به نحو مطلوب‌تری تأمین می‌کند. از این رو، دو شاخص نسبت ارتفاع بخش فوقانی به ارتفاع کل و نسبت عرض گنبد به عرض مستطیل محیطی پنج‌ضلعی الگو تعریف گردید. همچنین در مورد شکل قوس گنبد از نظر باریکی، علاوه بر نسبت ارتفاع به عرض، سنججه‌ای

جدول ۱- مشخصات گنبدخانه‌های انتخابی.*

ردیف	نام بنا، مکان و تاریخ احداث	تصویر	نما و پلان ساده‌شده	ردیف	نام بنا، مکان و تاریخ احداث	تصویر	نما و پلان ساده‌شده
۱	مقبره سید حسن واقف، روستای افوشته، نطنز، ۸۲۸ ه.ق.			۱۰	امام‌زاده محمد افضسی، تفرش، ۹۵۰ ه.ق.		
۲	مقبره میر سید، روستای افوشته، نطنز، قرن ۹ ه.ق.			۱۱	امام‌زاده قاسم کهک، تفرش، قرن ۱۰ ه.ق.		
۳	بقعه شاه ولی، تفت، حدود ۸۳۰ ه.ق.			۱۲	مقبره ملاحسن کاشی، سلطانیه، ۹۷۳ ه.ق.		
۴	گنبد فیروزشاهی، تربت جام، ۸۴۴ ه.ق.			۱۳	بقعه قدمگاه، نیشابور، ۱۰۲۰ ه.ق.		
۵	بقعه شهشهان، اصفهان، ۸۵۲ ه.ق.			۱۴	مقبره خواجه ربیع، مشهد، ۱۰۲۶ ه.ق.		
۶	مقبره امیر غیاث‌الدین ملک‌شاه (مسجد هفتاد و دو تن)، مشهد، ۸۵۵ ه.ق.			۱۵	بقعه شیخ جبرئیل، اردبیل، ۱۰۳۰ ه.ق.		
۷	امام‌زاده میرعلی بن حمزه، شیراز، بنای اولیه مربوط به دوره دیلمیان و تیموریان، گنبد فعلی ۱۳۶۶ ه.ش.			۱۶	بقعه هفده تن، گلپایگان، ۱۰۳۲ ه.ق.		
۸	آرامگاه شیخ عطار، نیشابور، بنای اولیه از ۸۹۱ ه.ق. بازسازی معاصر (۱۳۲۷ و ۱۳۳۲ ه.ش).			۱۷	گنبد سبز، مشهد، قرن ۱۱ ه.ق.		
۹	امام‌زاده اسماعیل، سناط، ایهر، قرن ۹ ه.ق.			۱۸	مقبره حاج حسین خوانساری، اصفهان، اوایل قرن ۱۲ ه.ق.		

* مآخذ تصویربرداری: URL 1: ۳؛ مآخذ تصاویر ردیف‌های ۴ و ۱۱: شراهی و نیستانی، ۱۳۹۳؛ مآخذ تصویربرداری: URL 2: ۶؛ مآخذ تصویر و اطلاعات ترسیم ردیف ۹: URL 3: آرشیو دفتر فنی اداره کل میراث فرهنگی استان زنجان و نگارندگان؛ مآخذ تصویر و اطلاعات ترسیم ردیف ۱۳: URL 4: مرکز اسناد و مدارک میراث فرهنگی، ۱۳۸۲؛ مآخذ سایر تصاویر: حاجی قاسمی، ۱۳۸۹.

جدول ۲- شاخص‌های مورد بررسی در ارتباط با ظرافت شکل گنبدخانه.

شخص‌ها	طرح کلی گنبدخانه
نسبت ارتفاع به عرض برای گنبد، ساقه و پایه به‌طور جداگانه: $R1 = h1/a1, R2 = h2/a2, R3 = h3/a3$	
نسبت ارتفاع به عرض بخش فوقانی (گنبد و ساقه) و کل بنا: $R1 + R2, h/a3$	
نسبت ارتفاع بخش فوقانی به ارتفاع مینا: $(h1 + h2)/h$	
نسبت عرض گنبد به عرض مینا: $a1/a$	
زاویه‌ی رأس قوس گنبد (زاویه‌ای که خط مماس بر قوس گنبد در رأس آن با محور عمودی می‌سازد): α	

انطباق از ۰/۰۱ تجاوز نکند که این اندازه در ارتفاع ۲۰ متر، معادل ۲۰ سانتیمتر خواهد بود.

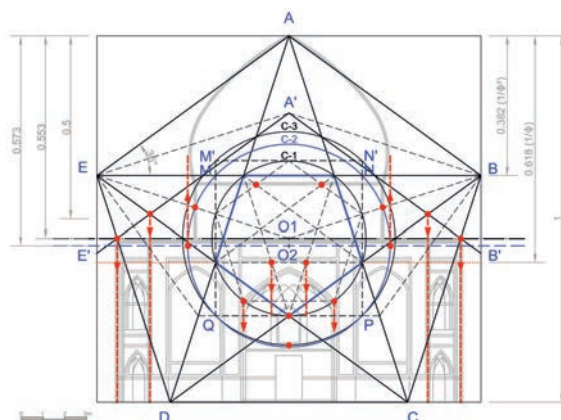
در بررسی به‌عمل آمده، مشخص شد که محل تلاقی دو پاره خط $A'E'$ و $A'B'$ با سایر خطوط در الگوی طراحی شده، می‌تواند موقعیت استقرار برخی اجزا را در نما معین سازد. در نیمی از نمونه‌های مورد بررسی، محورهای افقی‌ای که از مرکزهای $O1$ و $O2$ عبور می‌کنند، مشخص‌کننده ارتفاع بخش فوقانی هستند. محور گذرنده از $O1$ (مرکز پنج ضلعی)، پاره خط ارتفاع را به دو بخش با نسبت‌های 0.553 و 0.447 تقسیم می‌کند (تصویر ۵).

اگر سه نمونه آخر به لحاظ تناسبات اجزا باهم مقایسه گردد، گنبد بقعه هفده تن تا حدی بزرگ و گنبد مقبره حاج حسین خوانساری تا حدی کوچک حس می‌شود. با توجه به این که این دو گنبد به ترتیب بزرگ‌تر و کوچک‌تر از دایره ۲- C و ۳- C هستند، به نظر می‌رسد قطر این دایره بتواند در ارزیابی اندازه‌ی متناسب گنبد، کارایی داشته باشد. همچنین عرض بیرونی تمام نمونه‌ها به جز بقعه شاه ولی تفت و آرامگاه حاج حسین خوانساری در داخل مستطیل مینا (مستطیل محیطی پنج ضلعی) قرار می‌گیرد. هرچند در مورد این دو بنا نیز عرض داخلی (چنانچه ضخامت دیوارهای بیرونی کسر گردد) با عرض مستطیل مینا برابر است، این وجود به نظر می‌رسد، عریض شدن بخش پایه در این بناها، تناسب میان بخش فوقانی و پایه را تحت الشعاع قرار داده است.

۲-۷- شاخص‌های مورد بررسی

۱-۲-۷- نسبت ارتفاع به عرض

برای ۱۸ گنبدخانه‌ی انتخابی، نسبت ارتفاع به عرض گنبد، پایه و ساقه به‌طور جداگانه محاسبه گردید (نمودار ۱). نسبت ارتفاع به عرض گنبد در دوره تیموری از ۰/۴۵ تا ۰/۹۹ و در دوره صفوی از ۰/۵۳ تا ۰/۷۵ متغیر است که نشان‌دهنده‌ی تنوع بیشتر نسبت‌ها در دوره تیموری است. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به گنبد امامزاده میرعلی بن حمزه و امامزاده اسماعیل ابهر به دست آمد که در حدود ۰/۹۹ است. مقادیر کمینه‌ی نسبت ارتفاع به عرض گنبد، مربوط به بقعه شهشهان (۰/۴۵) و بقعه هفده تن (۰/۵۳) هستند. همچنین به جز دو بنای



تصویر ۵- الگوی هندسی طراحی شده بر پایه‌ی پنج ضلعی منتظم و تحلیل هندسی گنبد سبز مشهد بر اساس آن.

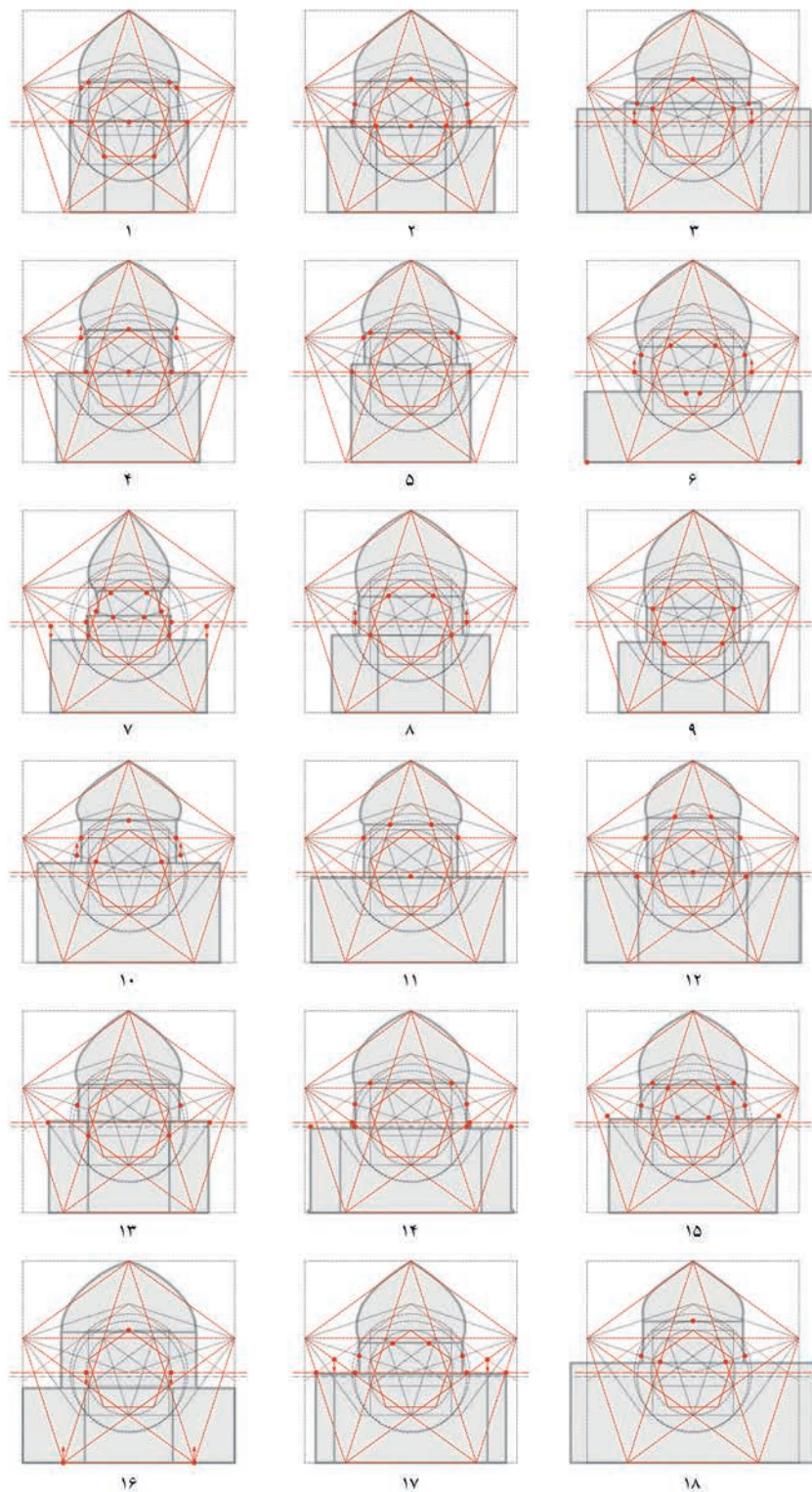
۱-۶- نحوه ترسیم پنج ضلعی الگو

- ترسیم پنج ضلعی اصلی یا مینا (ABCDE) به ارتفاع یک واحد و مستطیل و دایره‌ی محیطی آن؛
- ترسیم اقطار پنج ضلعی و به دست آوردن پنج ضلعی میانی؛
- ترسیم دایره‌ی محیطی پنج ضلعی میانی (C-1) و مستطیل محیطی آن (MNPQ)؛
- ترسیم دایره‌ی محیطی مستطیل MNPQ (C-2)؛
- ترسیم دایره به مرکز $O1$ و شعاع $O1P$ (C-3)؛ این دایره در واقع دایره‌ی محیطی ده ضلعی میانی است.
- ترسیم محورهایی که از مرکزهای $O1$ و $O2$ عبور می‌کنند؛
- ترسیم خطوط نیمساز زاویه‌های 36° و دو پاره خط $A'B'$ و $A'E'$ به موازات اضلاع AB و AE (تصویر ۵).

۷- یافته‌ها

۱-۷- ویژگی‌های هندسی و شکلی نمونه‌ها

در بخش نخست، از الگوی پنج ضلعی مشترک در تحلیل هندسی نمای بیرونی نمونه‌ها استفاده شد (تصویر ۶). پس از قرارگیری الگو بر هر نمونه، نقاطی که با تقریب خوبی می‌توانستند محدوده‌ی سه بخش گنبد، ساقه و پایه را تعیین کنند، علامت‌گذاری گردید. سعی گردید که میزان خطا در تعیین نقاط



تصویر ۶- بررسی هندسی الگوی پنج‌ضلعی در نمونه‌ها.

و گنبد سبز مشهد (۰/۳) است که بیانگر کشیدگی نسبی ساقه‌ها در دوره تیموری و اوایل دوره صفوی (قرن دهم هجری) و همچنین تنوع بیشتر نسبت‌ها در دوره تیموری است. نسبت ارتفاع به عرض پایه، بازه‌ای بین ۰/۳۳ تا ۰/۷۶ را شامل می‌شود. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به مقبره‌ی سید حسن واقف (۰/۷۶) و بقعه‌ی شهشهان (۰/۷۳) از دوره

مقبره‌ی سید حسن واقف و بقعه‌ی شهشهان، در دیگر نمونه‌ها، کشیدگی ارتفاعی گنبد از هر دو قسمت ساقه و پایه بیشتر است. نسبت ارتفاع به عرض ساقه در دوره تیموری، از ۰/۲۵ تا ۰/۶۹ و در دوره صفوی از ۰/۳ تا ۰/۶۱ متغیر است. بیشترین مقدار مربوط به امام‌زاده میرعلی بن حمزه (۰/۶۹) و مقبره ملاحسن کاشی (۰/۶۱)؛ و کمترین مقدار مربوط به بقعه شاه‌ولی (۰/۲۵)

مربوط به دوره صفوی، مقادیر این دو نسبت به هم نزدیک می‌شوند و در سه بنای مقبره‌ی خواجه ربیع، گنبد سبزو بقعه‌ی هفده‌تن، تقریباً با هم برابر و نزدیک به عدد ۱ هستند. در بناهای امامزاده محمد تفرش، بقعه‌ی قدمگاه، بقعه‌ی شیخ جبرئیل و مقبره‌ی حاج حسین خوانساری نسبت ارتفاع به عرض بخش فوقانی نزدیک به عدد ۱ است که نشان‌دهنده‌ی کاربرد تناسب مربع در بخش فوقانی است. در مجموع، تناسب بخش فوقانی ۷ بنا در دوره صفوی و ۲ بنا در دوره تیموری نزدیک به عدد ۱ است.

۷-۲-۲- سهم ارتفاع بخش فوقانی

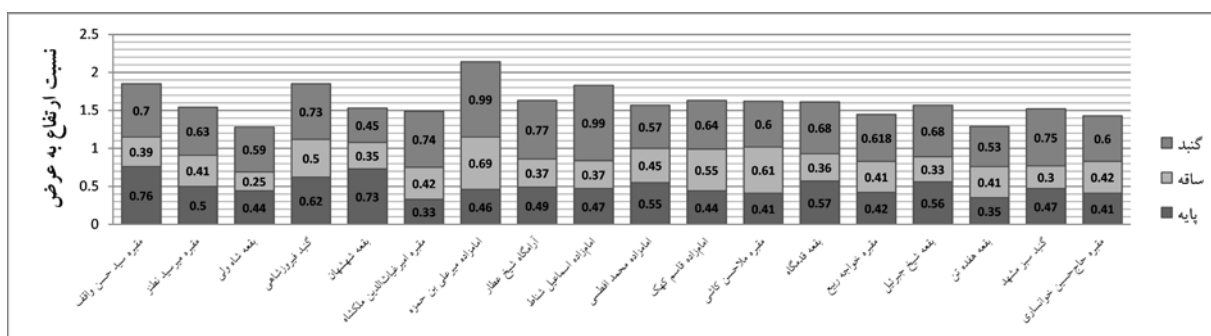
به منظور مشخص شدن اندازه‌های سه بخش گنبدخانه نسبت به یکدیگر و نسبت به کل بنا، متغیرهایی در ارتباط با تقسیمات ارتفاعی گنبدخانه‌ها و تقسیمات عرضی آنها تعریف گردید. نسبت ارتفاع بخش فوقانی به ارتفاع کل بنا برای ۱۸ نمونه

تیموری است که به طور نسبی از کشیدگی ارتفاعی بیشتر پایه در این دوره حکایت دارد.

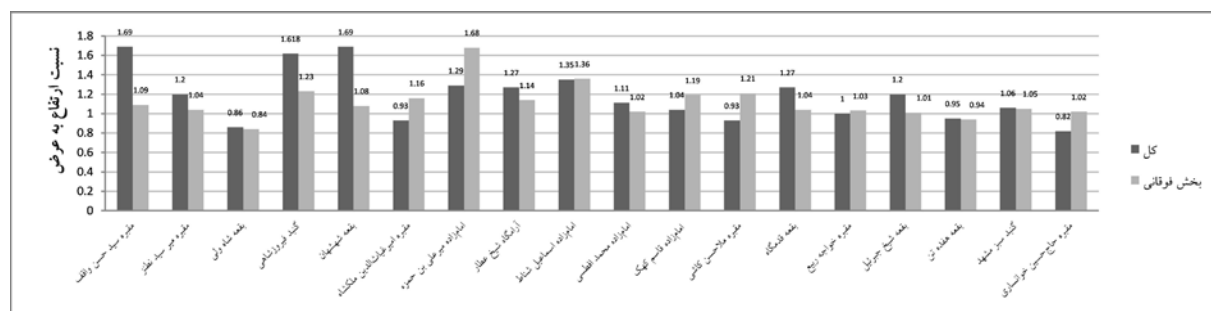
در کل با توجه به نمودار ۱ که در آن ۹ ستون اول مربوط به دوره تیموری؛ و ۹ ستون دوم مربوط به دوره صفوی است، مشاهده می‌شود که تنوع نسبت‌ها در نمونه‌های مربوط به دوره تیموری بیشتر از دوره صفوی است.

در ادامه برای اینکه نسبت ارتفاع به عرض به طور مشخص‌تری در مورد بخش فوقانی بنا (متشکل از گنبد و ساقه) موردسنجش قرار گیرد، مجموع دو نسبت ارتفاع به عرض مربوط به هر یک از بخش‌های گنبد و ساقه، با نسبت ارتفاع به عرض کل بنا مقایسه گردید (نمودار ۲).

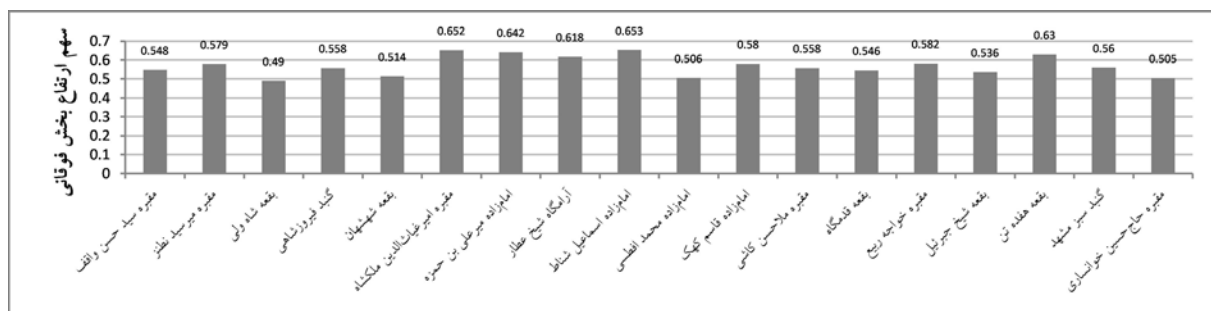
همچنان که در نمودار ۲ قابل ملاحظه است، در ۹ نمونه‌ی اول مربوط به قرن نهم هجری، تنوع بیشتری وجود داشته و مقادیر دو نسبت مذکور اختلاف بیشتری با یکدیگر دارند؛ اما در ۹ نمونه‌ی



نمودار ۱- مقایسه تغییرات نسبت ارتفاع به عرض برای سه بخش اصلی گنبد، ساقه و پایه در ۱۸ نمونه.



نمودار ۲- مقایسه تغییرات نسبت ارتفاع به عرض بخش فوقانی و کل بنا در ۱۸ نمونه.



نمودار ۳- مقایسه تغییرات سهم ارتفاع بخش فوقانی در ۱۸ نمونه.

میرعلی بن حمزه در شیراز و پس از آن گنبد فیروزشاهی (۱/۱۴) و مقبره‌ی امیرغیاث‌الدین (۱/۱۲) است که این سه بنا مربوط به دوره‌ی تیموری هستند.

۸- بحث

این پژوهش با هدف بازشناسی ویژگی‌های شکلی گنبدخانه‌های ایرانی از منظر کیفیت زیبایی‌شناختی ظرافت انجام گردید. در بخش نخست، از الگوی پنج‌ضلعی مشترک در تحلیل هندسی نمای بیرونی نمونه‌ها استفاده شد. قبلاً هندسه‌ی پنج‌ضلعی در تحقیق شرودر (۱۳۸۷)، درباره‌ی گنبد تاج‌الملک مورد اشاره قرار گرفته و در بررسی و شناسایی هندسه‌ی پنهان آثار معماری ایرانی توسط نوایی و حاجی قاسمی (۱۳۹۰) به کار گرفته شده بود؛ اما در این پژوهش، برای اولین بار با تأکید بر نمای بیرونی و همچنین حذف مقیاس نمونه‌ها، از الگوی ثابت و مشترکی به صورت یک ابزار برای تحلیل و مقایسه استفاده شد که به خصوص گزینه‌هایی را برای اندازه‌ی گنبد مطرح ساخت. در انطباق الگو بر نمونه‌ها، تشابه در کلیات و تفاوت در جزئیات دیده شد که نشان‌دهنده‌ی این است که در عین همبستگی فرمی، تنوع و نوآوری در طراحی مورد توجه بوده است.

در بخش دوم، به منظور ارزیابی کمی ویژگی‌های شکلی گنبدخانه‌ها، چند شاخص برای سنجش خصوصیات فیزیکی بیرونی از منظر ظرافت در شکل و کالبد تعیین گردید که عبارت بودند از نسبت ارتفاع به عرض، سهم ارتفاع بخش فوقانی، سهم عرض گنبد و زاویه‌ی رأس قوس گنبد. این شاخص‌ها در شکل کلی و در سه بخش اصلی گنبد، ساقه و پایه مطالعه شدند و اجزا و جزئیات نما شامل این بررسی نبوده‌اند. چهار شاخص تعیین شده، بسیاری از ویژگی‌های هندسی را به صورت کمی،

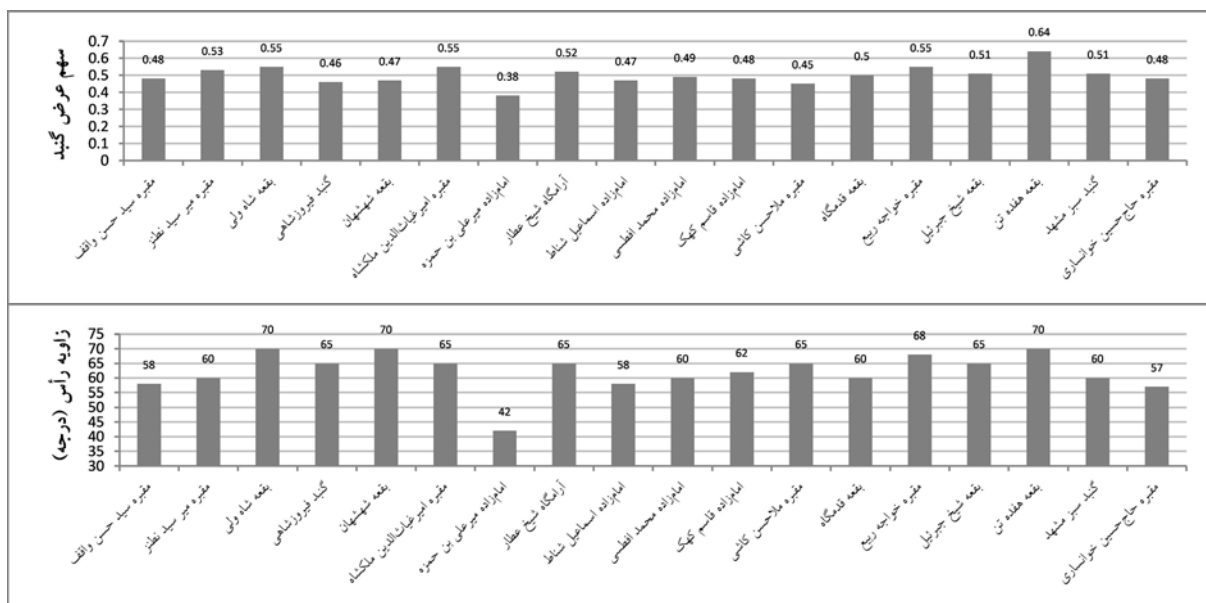
محاسبه شد که بازه‌ای بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۵۳ را شامل می‌شود (نمودار ۳). جلوه‌ی بصری گنبد تا حد زیادی با این رقم مرتبط است. مقدار ۰/۵، حالتی است که دقیقاً نصف ارتفاع بنا به بخش فوقانی اختصاص می‌یابد. مقدار این نسبت فقط در یک نمونه (بقعه شاه‌ولی) اندکی کمتر از ۰/۵ است. همچنین در آرامگاه عطار برابر با نسبت طلایی ۰/۶۱۸ است.

۷-۲-۳- سهم عرض گنبد و زاویه رأس قوس گنبد

نسبت عرض گنبد به عرض چهارضلعی مبنا در نمونه‌ها، از ۰/۳۸ تا ۰/۶۴ متغیر است (نمودار ۴). با اینکه مقدار کمینه ۰/۳۸ متعلق به بنای امام‌زاده میرعلی بن حمزه در دوره‌ی تیموری؛ و مقدار بیشینه ۰/۶۴ متعلق به بقعه هفده‌تن از دوره‌ی صفوی است؛ اما درکل اختلاف بین این دو دوره از نظر سهم عرض گنبد، چندان زیاد نیست. لازم به ذکر است که نسبت قطر هر یک از دایره‌های C-1، C-2، و C-3 به عرض مبنا به ترتیب برابر با ۰/۴، ۰/۵۲ و ۰/۵۵ است. مقادیر سهم عرض در دو نمونه، اندکی کمتر از ۰/۴ و در یک نمونه بیش از ۰/۵۵ است.

همچنین زاویه‌ی رأس قوس گنبد برای ۱۸ نمونه نشان می‌دهد که مقدار آن به طور تقریبی بین ۴۲ درجه تا ۷۰ درجه است (نمودار ۴). به طور معمول گنبد‌های عریض‌تر، زاویه رأس بزرگ‌تری دارند. برای مثال، زاویه رأس در بقعه‌ی هفده‌تن گلپایگان که بیشترین سهم عرض گنبد را دارا است، حدود ۷۰ درجه است؛ در عین حال میزان زاویه رأس به شکل قوس گنبد نیز بستگی دارد.

در رابطه با شکل گنبد‌ها، علاوه بر زاویه رأس، بیرون‌زدگی آوگون را می‌توان از طریق نسبت قطر گنبد به قطر گریو محاسبه نمود. اعداد به دست آمده از این طریق، بازه‌ای بین ۱ تا ۱/۳ شامل می‌شود. مقدار بیشینه‌ی ۱/۳ مربوط به گنبد امام‌زاده



نمودار ۴- مقایسه تغییرات سهم عرض گنبد و زاویه رأس قوس گنبد در ۱۸ نمونه.

است که این موارد، وجود دقت هندسی و ظرافت هماهنگی بالا در طرح این بنا را نشان می‌دهد.

نکته دیگر در رابطه با بناهای اوایل دوره صفوی (قرن دهم هجری) است. این بناها، ساقه‌های نسبتاً بلندی دارند که مشخصه اغلب بناهای دوره تیموری است. کشیدگی ارتفاعی بخش فوقانی این بناها مشخص می‌کند که آنها را می‌توان از نظر سبکی، بین دو دوره تیموری و صفوی دانست که پاره‌ای از ویژگی‌های هر یک از این دوره‌ها در آنها دیده می‌شود. چنان‌که گفته شده است این بناها، ویژگی‌های معماری مقابر عصر تیمور را در دوره صفوی نشان می‌دهند و معرف معماری «دوره گذار از تیموری به صفوی» هستند (شراهی و نیستانی، ۱۳۹۳، ۹۲). بر اساس نمودار ۲، به جز دو بنای مقبره ملاحسن کاشی و امام‌زاده قاسم تفرش، نسبت ارتفاع به عرض بخش فوقانی سایر نمونه‌های دوره صفوی، حدود ۱ است.

از نظر تقسیمات ارتفاعی و عرضی و زاویه رأس قوس گنبد، تفاوت خاصی بین دو دوره تیموری و صفوی مشاهده نگردید. به عبارتی از این نظر تنوع نسبتاً مشابهی در هر دو دوره دیده می‌شود.

بیان داشته و کار مقایسه بین نمونه‌ها را آسان می‌کنند. در واقع، روش تحلیل عددی را می‌توان مکمل تحلیل هندسی دانست. با توجه به اعداد به دست آمده از نسبت ارتفاع به عرض هر یک از بخش‌های گنبد، ساقه، پایه، بخش فوقانی و همچنین کل بنا، میزان اختلاف بین مقادیر کمینه و بیشینه هر شاخص در دوره تیموری از دوره صفوی بیشتر است. به نظر می‌رسد تنوع بیشتر در ساخت این‌گونه بناها در دوره تیموری، به دلیل وجود حکومت‌های دیگر هم‌زمان با تیموریان و نیز جدید بودن تجربه استفاده از گنبد‌های دوپوش و گریو و آزمون نسبت‌های مختلف در این رابطه باشد. با توجه به اینکه مقادیر بیشینه نسبت ارتفاع به عرض متعلق به بناهای دوره تیموری هستند، می‌توان گفت در این دوره، ظرافت کشیدگی (باریکی و بلندی) از اهمیت برخوردار بوده است. از طرفی در دوره صفوی، ظرافت هماهنگی، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. برای مثال در آرامگاه خواجه ربیع، تناسب ارتفاع و عرض بخش فوقانی، مشابه تناسب کل بنا بوده و نزدیک به عدد یک (تناسبات مربع) است. همچنین قطر ساقه برابر با قطر دایره C-2 و قطر گنبد برابر با قطر دایره C-3

نتیجه

فوقانی مشاهده گردید؛ به طوری که ظرافت کشیدگی در دوره تیموری و نیز اوایل صفوی؛ و ظرافت هماهنگی در دوره صفوی نمود بیشتری دارد. می‌توان گفت در دوره تیموری، استفاده از گنبد‌های دوپوسته گسسته روی گریو رواج یافته و معماران دوره صفوی نیز با ادامه دادن همان شیوه و ایجاد هماهنگی‌های هندسی در جهت تعدیل ارتفاع و حرکت به سمت تناسبات مربع گام برداشتند.

در تحلیل فرمی صورت گرفته در این مقاله، تأثیر مقیاس بناها نادیده گرفته شد. بررسی عامل مقیاس و نیز مطالعه‌ی عواملی نظیر مصالح و اجزای فرعی نظیر طاق نماها و منطقه‌ی مردگرد می‌تواند موضوعی برای پژوهش‌های آینده باشد. همچنین شاخص‌های مورد استفاده در این مقاله می‌تواند برای تحلیل نمونه‌های بیشتر از گونه‌های دیگر چون مساجد به کار گرفته شود.

در این مقاله، ارزیابی زیبایی‌شناسی مربع یا هشت ضلعی گنبدپوش از دو طریق تحلیل هندسی توسط الگوی پنج ضلعی و نیز تعیین شاخص‌هایی جهت ارزیابی کمی ویژگی‌های شکلی از منظر کیفیت ظرافت انجام گردید. بر اساس ارزیابی انجام شده، طرح گنبدخانه‌ها در بازه زمانی سده نهم تا اوایل سده دوازدهم هجری، از چارچوب مشترکی برخوردار بوده است که به لحاظ هندسی و شکلی، این اشتراکات را می‌توان مشاهده نمود. در اغلب نمونه‌ها، کشیدگی ارتفاعی گنبد بیش از دو قسمت ساقه و پایه بوده و بخش فوقانی (گنبد و ساقه) بیش از نصف ارتفاع بنا را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین زاویه رأس قوس گنبد در اغلب نمونه‌ها، ۶۵°-۶۰° درجه است. در عین حال تفاوت‌هایی بین دوره تیموری (قرن ۹)، اوایل دوره صفوی (قرن ۱۰) و دوره صفوی (قرن ۱۱) به خصوص از نظر شکل و تناسبات بخش

پی‌نوشت‌ها

3 Hillenbrand, Robert.

4 Wilber, Donald.

5 Huff, Dietrich.

6 Diez, Ernest.

7 Schroeder, Eric.

۱ گنبدخانه (Domed Chamber) معمولاً به فضای زیر گنبد اطلاق می‌شود. در این مقاله، این اصطلاح برای اشاره به فرم کلی و نمای بیرونی نیز به کار برده شده است؛ زیرا به نظر می‌رسد در کاربرد فارسی، اصطلاح رایج‌تری نسبت به مربع گنبدپوش (Domed Square) است.

2 Pope, Arthur Upham.

۸ در متون مختلف، از اصطلاحاتی نظیر گردنی، چنبره و ساقه برای نامیدن حجم میان گنبد و پایه استفاده شده است. به لحاظ لغوی، چنبره به معنی حلقه و دور؛ و ساقه به معنی پایه است.

9 Bulbous or Onion Domes.

۱۰ بولاتف (Bulatov, M.S.) در زمینه‌ی بررسی و تحلیل سیستم‌های تناسباتی، مطالعات قابل توجهی انجام داده است که در کتابی به نام هماهنگ‌سازی هندسی در معماری آسیای مرکزی به زبان روسی انتشار یافته است. گلمبک و ویلبر در فصل هفتم کتاب معماری تیموری در ایران و توران، خلاصه‌ای از کاروی را ارائه نموده‌اند.

۱۱ گنبد فیروزشاهی در مجموعه آرامگاهی شیخ احمد جام واقع گردیده و متعلق به مدرسه‌ای است که بانی آن امیرجلال‌الدین فیروزشاه (متوفی در ۸۴۸ ه. ق.) بوده و ممکن است آرامگاه او نیز باشد (حاجی قاسمی، ۱۳۸۹، ۲۱۲).

فهرست منابع

آرشبو دفتر فنی اداره کل میراث فرهنگی استان زنجان.
ابوالقاسمی، لطیف (۱۳۸۲)، *هنجار شکل‌یابی معماری اسلامی ایران*، در معماری ایران، دوره اسلامی، گردآوری محمدیوسف کیانی، چاپ سوم، صص ۳۷۸-۳۹۴، سمت، تهران.

اتینگهاوزن، ریچارد، و الگ گرابر (۱۳۹۶)، *هنر و معماری اسلامی (۱۲۵۰-۶۵۰)*، ترجمه‌ی یعقوب آژند، چاپ دوازدهم، سمت، تهران.

اردلان، نادر، و لاله بختیار (۱۳۹۰)، *حس وحدت: نقش سنت در معماری ایرانی*، ترجمه‌ی ونداد جلیلی، علم معمار، تهران.

اوکین، برنارد (۱۳۸۶)، *معماری تیموری در خراسان*، ترجمه‌ی علی آخشینی، بنیاد پژوهش‌های اسلامی، مشهد.

بلر، شیلدا، و جانانان بلوم (۱۳۹۶)، *هنر و معماری اسلامی (۱۸۰۰-۱۲۵۰)*، ترجمه‌ی یعقوب آژند، چاپ هفتم، سمت، تهران.

پژوهشگاه فرهنگ و هنر اسلامی (۱۳۷۸)، *دایره‌المعارف بناهای تاریخی ایران در دوره‌ی اسلامی: بناهای آرامگاهی، ویراسته‌ی محمد مهدی عقابی*، چاپ دوم، حوزه هنری، تهران.

پوپ، آرتور ایهام (۱۳۷۳)، *معماری ایران، پیروزی شکل و رنگ*، ترجمه‌ی کرامت‌الله افسر، چاپ دوم، انتشارات فرهنگسرا (بیسالوی)، تهران.

پوپ، آرتور ایهام (۱۳۸۷)، *سده‌ی هشتم هجری*، ترجمه‌ی باقر آیت‌الله‌زاده شیرازی، درسیری در هنر ایران، از دوران پیش از تاریخ تا امروز، جلد سوم: معماری دوران اسلامی، زیر نظر آرتور پوپ و فیلیس اکرم، صص ۱۲۵۷-۱۴۰۴، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.

پوراحمدی، مجتبی (۱۳۸۹)، *هندسه در گنبد آرامگاه شیخ زاهد گیلانی: الگویی برای طراحی گنبد در کرانه جنوبی دریای خزر*، هنرهای زیبا، شماره ۴۳، صص ۸۳-۹۲.

پیرنیا، محمدکریم (۱۳۵۲)، *ارمغان‌های ایران به جهان معماری*، گنبد، هنر و مردم، شماره ۱۳۶ و ۱۳۷، صص ۲-۷.

پیرنیا، محمدکریم (۱۳۷۰)، *گنبد در معماری ایران*، اثر، شماره ۲۰، صص ۱۳۹-۵.

پیرنیا، محمدکریم (۱۳۷۳)، *چفدها و طاقها-چفدها*، اثر، شماره ۲۴، صص ۵-۴۵.

پیرنیا، محمدکریم (۱۳۸۰)، *سبک‌شناسی معماری ایرانی*، تدوین غلامحسین معماریان، انتشارات پژوهنده-نشر معمار، تهران.

حاجی قاسمی، کامبیز (۱۳۸۹)، *گنجنامه، امام‌زاده‌ها و مقابر (دفاتر یازدهم، دوازدهم و سیزدهم)*، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

حجت، عیسی، سعید گلستانی، و مهدی سعدوندی (۱۳۹۴)، *راه‌یابی گنبدخانه به مساجد ایران: روایتی از گسست و پیوست فضا*، هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دوره ۲۰، شماره ۳، صص ۲۱-۳۰.

دکزی، گیورگی (۱۳۸۸)، *ناکرانمندی کرانمند: جستاری در تناسبات طبیعت*، هنر و معماری، ترجمه‌ی حمیدرضا کرمی، پرچین، تهران.

دیتس، ارنست (۱۳۸۷)، *اصول و انواع*، ترجمه‌ی باقر آیت‌الله‌زاده شیرازی، درسیری در هنر ایران، از دوران پیش از تاریخ تا امروز، جلد سوم:

معماری دوران اسلامی، زیر نظر آرتور پوپ و فیلیس اکرم، صص ۱۱۴۴-۱۱۳۱، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.

رضازاده اردبیلی، مجتبی و مجتبی ثابت فرد (۱۳۹۲)، *بازشناسی کاربرد اصول هندسی در معماری سنتی (مطالعه موردی: قصر خورشید و هندسه پنهان آن)*، هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۱، صص ۲۹-۴۴.

زمرشیدی، حسین (۱۳۸۹)، *گنبد و عناصر طاقی ایران*، نشر زمان، تهران.

شراهی، اسماعیل و جواد نیستانی (۱۳۹۳)، *بررسی باستان‌شناسی معماری آرامگاه‌های دوره صفوی تفرش*، استان مرکزی، فصلنامه علمی تخصصی باستان‌شناسی ایران - واحد شوشتر، دوره ۴، شماره ۱، صص ۸۳-۱۰۶.

شرودر، اریک (۱۳۸۷)، *دوره سلجوقی*، ترجمه‌ی باقر آیت‌الله‌زاده شیرازی، درسیری در هنر ایران، از دوران پیش از تاریخ تا امروز، جلد سوم: معماری دوران اسلامی، زیر نظر آرتور پوپ و فیلیس اکرم، صص ۱۱۹۳-۱۲۵۰، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.

طاهباز، منصوره (۱۳۸۳)، *شکل مقدس، صفة*، شماره ۳۸، صص ۹۵-۱۲۶.

فلامکی، محمدمنصور (۱۳۹۱)، *اصل‌ها و خوانش معماری ایرانی*، نشر فضا، تهران.

کریر، راب (۱۳۸۰)، *تناسبات در معماری*، ترجمه‌ی محمد احمدی نژاد، نشر خاک، اصفهان.

گدار، آندره (۱۳۶۸)، *آثار ایران*، جلد ۴. ترجمه‌ی ابوالحسن سروقد مقدم، بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی، مشهد.

گلمبک، لیزا و دونالد ویلبر (۱۳۷۴)، *معماری تیموری در ایران و توران*، ترجمه‌ی کرامت‌الله افسر و محمدیوسف کیانی، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.

مرکز اسناد و مدارک میراث فرهنگی (۱۳۸۲)، *نقش عجب*، مجموعه نقشه‌های بناهای تاریخی ایران، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.

معماریان، غلامحسین (۱۳۶۷)، *نیارش سازه‌های طاقی در معماری اسلامی ایران*، جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

معماریان، غلامحسین (۱۳۹۱)، *معماری ایرانی: نیارش (جلد دوم)*، تدوین هادی صفایی پور، نغمه نواندیش، تهران.

ملزاده، کاظم (۱۳۹۰)، *بررسی سابقه و نقش چهارطاق در معماری ایران*، در باستان‌شناسی ایران در دوره اسلامی، به‌کوشش محمدابراهیم زارعی، صص ۸۸۵-۸۶۸. دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

نویسی، کامبیز و کامبیز حاجی قاسمی (۱۳۹۰)، *خشت و خیال: شرح معماری اسلامی ایران*، دانشگاه شهید بهشتی، شوش، تهران.

نیستانی، جواد و فرشاد رحیمیان (۱۳۹۶)، *گنبد و چپیره در معماری اسلامی ایران*، آرمانشهر، تهران.

وحدت طلب، مسعود (۱۳۹۳)، *زیبایی‌شناسی خویشتن خواه: نقش سرشت مشترک زیستی در داوری زیبایی*، صفة، شماره ۶۴، صص ۵-۱۸.

ویلبر، دونالد (۱۳۶۵)، *معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان*، ترجمه‌ی عبدالله فریار، چاپ دوم، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.

هوف، دبتریش (۱۳۸۳)، *گنبدها در معماری اسلامی*، ترجمه‌ی کرامت‌الله افسر و محمدیوسف کیانی، در معماری ایران (دوره اسلامی)، گردآوری محمد یوسف کیانی، صص ۴۰۳-۴۲۲، سمت، تهران.

هیلن برند، روبرت (۱۳۹۳)، *معماری اسلامی: شکل، کارکرد و معنی*، ترجمه‌ی باقر آیت‌الله‌زاده شیرازی، چاپ هفتم، روزنه، تهران.

Ashkan, M and Y. Ahmad (2009), *Persian Domes: History, Morphology and Typologies*, Archnet-IJAR, *International Journal of Architectural Research*, Vol. 3, No. 5, pp. 95-115.

Craft, D (2012), *Science within the Art - Aesthetics Based on the Fractal and Holographic Structure of Nature*, pp. 290-321, In Anna Ursyn Ed., *Biologically-Inspired Computing for the Arts - Scientific Data through Graphics*, IGI Global Publications.

dome.htm. [Accessed July 2018].

URL1: <http://www.emamzadegan.ir> [Accessed March 2019].

URL2: <http://parsacity.com> [Accessed April 2019].

URL3: <http://zanjan.ichto.ir> [Accessed March 2019].

URL4: <http://neyshaboor.razavichto.ir> [Accessed March 2019].

Korsavi, S and M. Aliabadi (2015), Geometry and Proportion of Conical Domes' Plans in Iran: Reviewing Case Studies, *J Archit Eng Tech*, Vol. 4, No. 1, 137.

O'kane, B (1998), *Dome in Iranian Architecture, Iranian Art and Architecture*, <http://www.cais-soas.com/> CAIS/Architecture/

The Study of Formal Elegance in the Iranian Domed Squares* (Ninth to Twelfth Hijra Centuries)

Massud Wahdattalab¹, Somayyeh Ghadimzadeh²

¹ Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

² Ph.D. Student of Islamic Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

(Received 31 Jul 2018, Accepted 16 Oct 2018)

From the aesthetic impression viewpoint, the significance of domed square in Iranian architecture has been noticeable for architects and designers of different eras. The aim of the present study is to recognize the formal, geometrical and proportional features of the Persian domed squares with regard to the visual quality of elegance. For this purpose, the structure, various types and evolution process of domed squares were initially studied. Then, 18 domed buildings were selected among the mausoleums pertaining to the ninth to early twelfth hijra centuries. The geometric characteristics of the elevations of the building were studied using the modeling method and designing geometric analysis tool based on the regular pentagon. The study was limited to general form and the three main parts of the dome, the drum, and the base. The height from the top (dome vertex) to the ground level was assumed to be equal for all buildings. In the second stage, based on the literature review, as well as the analysis of the geometric features, four main indicators were determined to evaluate the physical characteristics in terms of formal elegance, which included the ratio of height to width, the ratio of the dome height to the total height, the ratio of the dome width to the total width and the vertex angle of the dome arch. After determining the indicators, the elevation of each building was studied using them. The results showed that the designs of domed squares pertaining to the era in question consisted of a common framework such that in the most cases the elongation of the dome in height was greater than two parts of the drum and the base, and the upper part (consisted of the dome and the drum) had more than half the

total height of the building. Nevertheless, variations were evident, especially in terms of the form and proportions of the upper part in structures of the two periods, such that the elegance of elongation in height amidst the Timurid and early Safavid periods, and the elegance of harmony during the Safavid period has been more emphasized. However, in terms of height and width divisions and the dome vertex angle, there were no major differences between the Timurid and Safavid periods. It can be stated that during the Timurid period, the use of discontinuous double-shell domes became prevalent and architects of the Safavid period continued the same method and created geometric harmonies to adjust the height and move towards square proportions, which is indicative of the desire to create more harmony and balance during this period. Moreover, based on the information obtained from the height to width ratio, the difference between the minimum and maximum values of each sub-indicator is greater in the Timurid era compared to the Safavid era, which suggests a greater diversity in the design of such buildings during the Timurid period. The common geometric pattern and the indicators presented in this paper can be used for the aesthetic assessment of similar domed squares as two complementary methods.

Keywords: Iranian- Islamic Architecture, Domed Square, Elegance, Form, Mausoleum.

*This article is extracted from the second author's Ph.D. Dissertation, entitled: "Aesthetics of Elegance (The Influence of Elegance Formal Determinants on Aesthetic Preference for Persian Domed Squares)", under supervision of first author at Tabriz Islamic Art University.

* Corresponding Author: Tel / Fax: (+98-41) 35541809, E-mail: m.wahdattalab@tabriziau.ac.ir.