دوفصلنامه
مطالعات بین‌رشته‌ای
در تعالی معماری و شهرسازی

دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
DOI: 10.71882/jisaud.2024.1123797

ارتباط هندسه حجم و معماری اسلامی در مکتوبات دانشمندان قرون ۴ تا ۸ هجری

عارف عزیزپور شوبی[۱] احد نژادابراهیمی*[۲] یاسر شهبازی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶

نوع مقاله: پژوهشی

صفحه ۲۳ تا ۳۶

چکیده

هندسه یکی از علوم مرتبط با معماری است که به‌صورت برجسته‌ای در معماری اسلامی چه به‌صورت مسطحه و چه به‌صورت حجمی کاربرد داشته است. بااین‌حال اغلب پژوهشگران این حوزه متمرکز به هندسه مسطحه بوده‌اند و پژوهش‌های معدودی به بررسی هندسه حجمی در معماری اسلامی پرداخته‌اند. به نظر می‌رسد علت مغفول ماندن هندسه حجم در نگاه بسیاری از پژوهشگران عدم آگاهی نسبت به هندسه حجم و معماری اسلامی باشد. ازاین‌رو، این پژوهش قصد دارد تا با رویکرد تاریخ فرهنگی و روش تفسیری تاریخی به این موضوع بپردازد و به این پرسش‌ها پاسخ دهد که ۱- چه شواهدی در ابنیه و منابع مکتوب وجود دارد که نشان‌دهنده کاربرد هندسه حجم در صناعت معماری اسلامی ایران باشد؟ ۲- تفکر حجمی در صناعت معماری اسلامی دربردارنده چه علومی بود؟ برای پاسخ به این پژوهش‌ها نیز هندسه حجم و معماری در اسناد تاریخی به‌مانند دانشنامه‌ها، اشعار شاعران و کاربرد تاریخی احجام در معماری بررسی می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد بر اساس دانشنامه‌ها بین هندسه احجام و دانش معماری ارتباط برقرار بوده است که این ارتباط در سه‌شاخه اندازه و تناسبات، هندسه کروی و علم مخروطات است. همچنین کاربرد علوم مرتبط با هندسه احجام در اشعار شاعران برای وصف دانایی معمار و همچنین نمود آنها در برخی آثار معماری این یافته‌ها را تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: معماری اسلامی، هندسه، حجم، مثلثات، ادبیات

[۱] دکتری معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
[۲] استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول) ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir
[۳] دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

۱. مقدمه

پژوهش در باب هنر و معماری ایرانی – اسلام پا گذاردن در ورطه‌ای بی‌پایان است؛ زیرا هنر در این مرزوبوم ریشه در استعاره‌ها، نمادها، اعتقادات، عرفان، سنت، اقلیم، آداب‌ورسوم، ریاضیات، هندسه و نجوم دارد که هر کدام بابی نو را در جستجو و کنکاش پیشروی ما می‌گشاید (بیدبرگ و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۶). "ازآنجایی‌که مقصود کلی مورخ معماری از پرسش درباره واقع معماری و رجوع به آثار آن، شناخت علم و عمل معماری است" (هاشمی، ۱۳۹۳: ۴۳). "برای خوانش معماری اسلامی باید به خوانش گفتمان تفکری پرداخت که موجب ظهور و تکامل سنت‌های معماری اسلامی شده است" (Rabbat, 2004). یکی از گفتمان‌های معماری اسلامی که در تکامل معماری اسلامی نقش بسیار داشت، دانش هندسه و کاربرد آن در معماری اسلامی بود. کاربرد هندسه در معماری اسلامی به‌صورت گسترده‌ای کاربرد داشته است که شامل هندسه مسطحه و هندسه حجمی می‌شده است. هر چند که پژوهش‌های بسیاری به کاربرد هندسه مسطحه در معماری پرداخته‌اند، اما شناخت هندسه حجم در معماری مغفول مانده است. به نظر می‌رسد دلیل نپرداختن به موضوع هندسه حجم در معماری اسلامی، مغفول ماندن هندسه حجم در مطالعات اولیه باشد که عمدتا موضوعات پژوهشی، بسیاری از پژوهش‌های معماری اسلامی را شکل می‌دادند، مغفول مانده است. وقتی با ذهنیت معمارانه به حجم می‌نگریم، کلیدواژه‌های متمایزی در ذهن ما متبادر می‌شود، که این واژگان شامل حجم در ارتباط با فرم، حجم فضا، حجم مصالح و غیره را در بر دارد. ازاین‌رو می‌توان به جایگاه حجم در تعریف معماری لوکوربوزیه پی برد که نقل می‌کند: معماری بازی آگاهانه با احجام ترتیب یافته در زیر نور است. علاوه بر این، زمانی با مبانی متأثر از هندسه حجم به این موضوع می‌نگریم، همانطور که یک حجم متشکل از وجوه و لبه‌ها و رئوس است؛ حجم یک فضای معماری نیز متشکل از سطوح و خطوطی است که کالبد فضا را می‌سازند. بنابراین هندسه‌ی دوبعدی که در مطالعات پیشین بر روی آن متمرکز بودند، جزئی از یک نظم هندسی بزرگ‌تر به نام هندسه حجمی هستند. کاربرد هندسه حجمی در کالبد معماری در بردارنده جنبه‌های مختلفی می‌شود. چنین کاربردی از هندسه حجم در معماری نیازمند داشتن دانش در این حوزه است. بااین‌حال، از آنجا که اغلب پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاربرد هندسه در معماری ایران متمرکز بر هندسه مسطحه بود. شناخت شواهد کاربرد هندسه حجمی در معماری ایرانی–اسلامی و ابعاد دانشی که معماران در این حوزه با آن سر و کار داشتند مغفول ماند. از این روی، این پژوهش با محوریت این پرسش‌ها شکل گرفته است که چه شواهدی در ابنیه و منابع مکتوب وجود دارد که نشان‌دهنده کاربرد هندسه حجم در صناعت معماری اسلامی ایران باشد؟ و تفکر حجمی در صناعت معماری اسلامی دربردارنده چه علومی بود؟

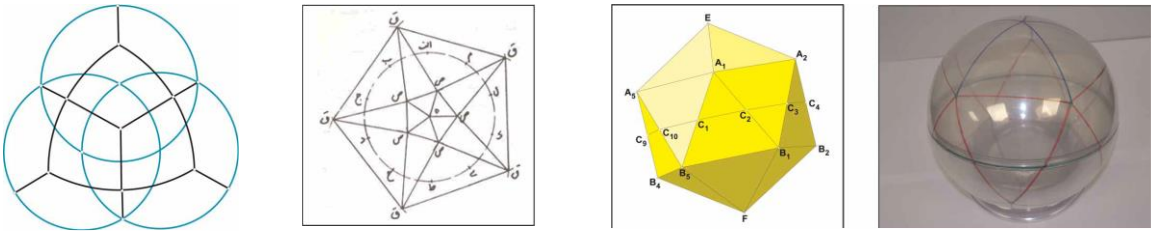
۲. روش تحقیق

این پژوهش از آنجا مورد اهمیت است که یکی از بن‌مایه‌های اصلی شکل‌دهنده به معماری جهان اسلام بوده است. با شناخت ابعاد تفکر هندسه حجمی در معماری رویکردهای جدیدی برای شناخت عمیق‌تر به آن گشوده می‌شود. این پژوهش از نوع بنیادی و با رویکرد مطالعات تاریخی است که جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای باتکیه‌بر منابع مکتوب صورت می‌گیرد. هر پژوهش برای رسیدن به یک پاسخ درست به مسئله تحقیقش نیازمند است یک فرایند منطقی را از طرح پرسش تا پاسخ طی کند. ازآنجایی‌که این پژوهش به لحاظ هدف از نوع پژوهش‌های تاریخی است که برای پاسخ به سؤالات نیازمند تفسیر در لایه‌های مختلف منابع هست، روش تفسیری تاریخی به‌عنوان روش پژوهش لحاظ گردید. برای پاسخ به سؤالات در این پژوهش پس از بررسی پژوهش‌های پیشین که دررابطه‌با حجم و معماری اسلامی هستند، به جایگاه معماری در طبقه‌بندی علوم می‌پردازد. سپس در ذیل بخش هندسه و حجم شواهد مرتبط با هندسه حجم و معماری را در شواهد معماری، مکتوب (ادبیات و دانشنامه‌ها) جستجو می‌کند؛ طریقه استدلال نیز از نوع قیاسی است.

۳. پیشینه پژوهش

کریچلو[۱] (۱۹۸۷) در کتابی با عنوان «نظم در فضا[۲]» بر اساس قواعد هندسی به نظم موجود در جهان می‌پردازد و نظم سلسله‌مراتبی که در چندوجهی‌های افلاطونی وجود دارد را تشریح می‌کند. سپس همین نظم را در احجام ارشمیدسی جستجو می‌کند و در نهایت به نظم موجود در آفرینش می‌پردازد.

رنتا هلد[۳] به چند دسته منابع برای بررسی اشاره می‌کند که یکی از این دسته‌ها را منابع محلی مانند رساله اعمال هندسی ابوالوفا بوزجانی معرفی می‌کند و ترسیماتی از هندسه کروی آن رساله ارائه می‌دهد. دسته بعدی به ترسیمات سه‌بعدی مانند مقرنس هست و دسته سوم گراف نقشه‌های دوبعدی بناها روی شبکه مدولار است، این نقشه‌های دوبعدی نشان می‌دهد معماران مسلمان با هندسه اقلیدسی کار می‌کردند و آن را به فضای سه‌بعدی بسط می‌دادند (Holod, 1998). دولد سمپلونیوس (۱۹۹۲) به محاسبات مقرنس توسط کاشانی می‌پردازد که ابتدا به توضیح دررابطه‌با چیستی مقرنس می‌پردازد و سپس به محاسبات آن در رساله کاشانی می‌پردازد. دولد سمپلونیوس (۲۰۰۳) در مقالهٔ دیگر یکی از مرتبط‌ترین مقالات با پژوهش حاضر را تألیف کرد که به جایگاه محاسبه حجم در معماری اسلامی می‌پردازد. سمپلونیوس این مقاله را با تعریف معماری اسلامی آغاز می‌کند. سپس به محاسبات ارائه شده در برخی از رساله‌های دانشمندان مسلمان می‌پردازد؛ و در نهایت محاسبه «طاق و قوس» و مقرنس‌ها را مبتنی بر رساله کاشانی ارائه می‌دهد. آلپای ازودرول[۴] در مقالاتی در سال (۱۹۹۸) و (۲۰۰۲/ ۲۰۱۵) به دخالت مستقیم ریاضی‌دانانی چون خیام در هنر و معماری اشاره می‌کند. وی معماری گنبدخانه خواجه نظام‌الملک در مسجد جامع اصفهان را حاصل مثلثات در مقاطع مخروطی خیام و طراحی وی می‌داند. سرهنگی (۲۰۰۸) به روش‌های انتقال کروی بر اساس رساله اعمال هندسی بوزجانی می‌پردازد. در ابتدا به محدودیت‌های موزاییک‌کاری روی سطح کروی می‌پردازد و سپس روش‌های انتقال کروی بوزجانی را شرح می‌دهد (sarhangi, 2008).



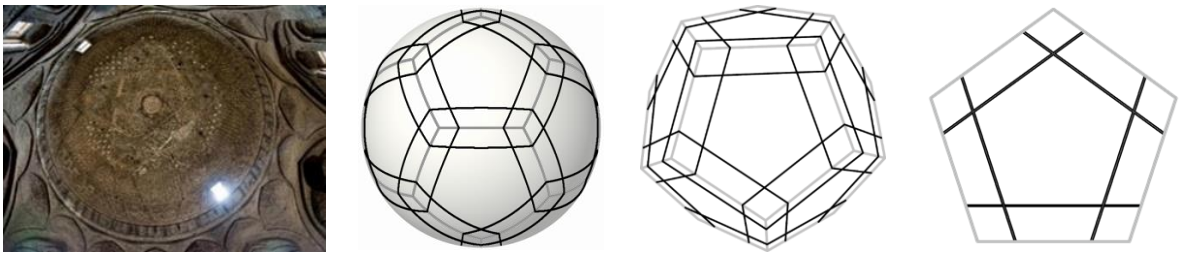
تصویر ۱. انتقالات کروی در بوزجانی. مأخذ: (sarhangi, 2008)

هیسارلیگیل و هیسارلیگیل[۵] (۲۰۱۸) به کاربرد تاریخی چندوجهی[۶] در تزیینات معماری بناهای آناتولی می‌پردازد. وی ابتدا به اهمیت چندوجهی‌ها در رساله دانشمندان مسلمان می‌پردازد، سپس تصاویری از بناهای مختلف ارائه می‌دهد که چندوجهی‌ها را در تزیینات بکار گرفتند و در نهایت هندسه آنها را تحلیل می‌کند.

تصویر ۲. تزیینات چندوجهی بکار گرفته شده در بناهای آناتولی. مأخذ: (Hisarligil and Hisarligil, 2018)

نژادابراهیمی و عزیزپور (۲۰۲۰) نیز راهبردهای انتقال گره به سطوح گنبدهای ایرانی را مورد بررسی قرار می‌دهند که شش راهبرد برای انتقال گره به سطح گنبدها معرفی می‌کنند، یکی از این روش‌ها انتقال گره به روش تعمیم به احجام کروی است. این روش در گنبد تاج الملک مسجد جامع اصفهان بکار گرفته شده که منتسب به خیام شاعر و ریاضی‌دان بزرگ ایرانی است

که در زمان ساخت گنبد در اصفهان زندگی می‌کرد (Nejad ebrahimi & Azizpour Shoubi, 2020). بونر (۱۴۰۰) در فصل سوم کتاب «الگوهای هندسی اسلامی؛ توسعه تاریخی و روش‌های سنتی ساخت» به دسته‌بندی انواع الگوها بر اساس موزاییک‌کاری می‌پرازد که در بخش انتقال گره به گنبدها دو روش تعمیم به احجام افلاطونی و ارشمیدسی و انتقال به روش قسمت‌های شعاعی ترکین را ارائه می‌دهد.



تصویر ۳. انتقال کروی گره به سطح گنبد با تعمیم به حجم افلاطونی. مأخذ: (Nejad ebrahimi & Azizpour Shoubi, 2020)

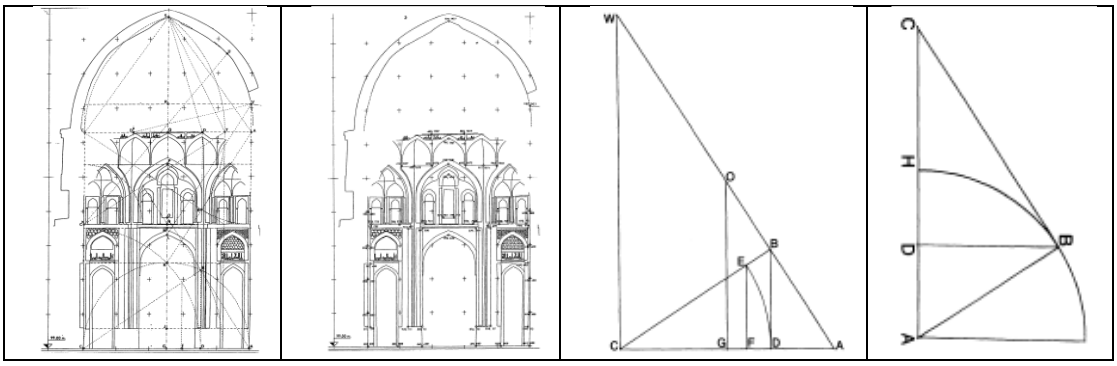
اندک پژوهش‌های انجام شده که به هندسه حجم در معماری این را نشان می‌دهد که معماران از علوم مرتبط با هندسه احجام آگاهی داشتند و آنها را در معماری بکار می‌گرفتند. حال این پژوهش با تمرکز بر این موضوع به دنبال این است که با جستجو در منابع تاریخی به دنبال این است. نشانه‌های تفکر حجمی را جستجو کند و ابعاد آن را بیابد.

۴. مبانی نظری: معماری و هندسه حجم

چندوجهی برای ایجاد مدول‌های بیولوژی، شیمی و فرم‌های معماری کاربرد مفیدی داشتند، می‌توان آن‌ها را با سایر احجام ترکیب کرد تا مجموعه‌ای بزرگ‌تر را شکل داد (Kappraff, 2001: 277). شکل اغلب دیدنی‌های جهان اطراف ما با یک توسعه بزرگ هندسه چندوجهی تعریف می‌شود. یک چندوجهی شکلی است که به‌وسیله تعدادی وجه صاف پوشیده شده، حتی سطوح منحنی هم در اغلب موارد می‌تواند به‌عنوان یک کاشی‌کاری سه‌بعدی وجوه صفحهٔ کوچک نامحدود در نظر گرفته شوند. همچنین در معماری به جهات مختلفی کاربرد داشته‌اند و اساس هندسی اکثر ساختمان‌ها و سازه‌ها را تشکیل می‌دهند. کاربرد معماری این فرم‌ها و تأثیر آنها بر محیط انسان‌ساخت یکی از جذابیت‌های اصلی است (Huybers, 2012: 54-55). چندوجهی‌ها و سطوح چندوجهی اشکالی محدود شده در وجوه مسطحه هستند. آنها اساس بسیاری از مدل‌سازی‌های هستند که در معماری یافت می‌شود. در واقع اغلب ویژگی‌های معماری را سطوح چندوجهی‌ها تشکیل می‌دهد، زیرا ساخت بخش‌های مسطح آسان‌تر از منحنی آن است (Pottmann, Asperl, Hofer & Kilian, 2007: 73). اگر یک سطح صاف با یک سطح چندوجهی تخمین زده شود، یک سطح گسسته تلقی می‌شود. در تحقق یک طرح معماری سطوح گسسته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (همان: ۱۰۳). در روش‌های طراحی معاصر طراحی حجمی اولین و مهم‌ترین گام در طراحی‌های حرفه‌ای ساختمان است. سپس معمار از طرح حجمی نهایی استفاده می‌کند تا به‌تدریج تمام جزئیات ساخت‌وساز از جمله طراحی نما، طراحی داخلی، سیستم‌های سازه و غیره را توسعه دهد. درحالی‌که طراحی حجمی پایه و اساس فرایند طراحی و ساخت است، معمولاً یک طرح حجمی خوب نیاز به زمان و تلاش قابل‌توجهی دارد. یک فرایند کارآمد برای خلق طراحی حجمی تأثیر زیادی بر صنعت معماری و ساخت‌وساز خواهد داشت (Chang, Cheng, Luo, Murata, Nourbakhsh & Tsuji, 2014: 11965). هرچند در مطالعه بناهای تاریخی فقط پلان‌ها به بهترین صورت ممکن مستند شدند، از شواهدی که از ارتفاع کامل دیواره‌ها باقی‌مانده است، نشان می‌دهد ابعاد به‌صورت سه‌بعدی بکار برده شده است؛ به‌طوری‌که فضاها به‌صورت حجمی با ارتفاع تناسب می‌یافتند (watts, 2015: 208). معماران جهان اسلام روش‌های متمایزی در انتقال‌های هندسی ملزوم برای ساختار فضایی ساختمان بکار بردند که عموماً معماری اسلامی با ساختارها و طرح هندسی‌اش شناخته می‌شود (Koliji, 2016). بحث هندسه و معماری یکی از موضوعات موردبحث بین اهل حرف و ریاضی‌دانان بوده است و ریاضی‌دانان در ایجاد این ارتباط و تلاش برای ارتقا دانش

ریاضی معماران نقش عمده‌ای داشتند و مطابق منابع مکتوب معماران آگاهی اندکی نسبت به هندسه و دانش وابسته به آن داشتند. برای نمونه افندی در رساله‌اش چنین نقل می‌کند: «هر وقت بحثی درباره این علم هندسه بین معماران و علما در می‌گیرد، معماران می‌گویند: آری ما چیزهایی درباره این علم شنیده‌ایم؛ ولی هنوز نفهمیده‌ایم که عملکرد هندسه چیست و سروکار آن با چه مقولاتی است» (Effendi, 1978: 28). تمرکز مطالعات اخیر بر روی هندسه مسطحه است و ارتباط بین الگوهای دو – بعدی و سه – بعدی نادیده گرفته می‌شود (Necipoğlu, 2017: 46). برخلاف اینکه هندسه بکار برده شده در ساختمان‌ها آن را به‌صورت یک شی حجمی منسجم ارائه می‌کند، اما مطالعات و دیدگاه‌ها بررسی شده آن را به شکل خام و بریده شده معرفی کردند (Koliji, 2016: 125-126). علاوه بر اینکه معماری به‌صورت یک شی حجمی منسجم ارائه می‌شود که این خود نشانه‌ای از تفکر حجمی در معماری است. نشانه‌های دیگر در منابع مکتوب و آثار معماری وجود دارد که نشان‌دهنده آگاهی از خواص حجم در معماری هستند که منابع مکتوب شامل اشعار شعرا در وصف صناعت و اجزای معماری و همچنین برخی از دانشنامه‌های می‌شود که اندک اشاره‌ای به علوم مرتبط با معماری داشته‌اند.

۴-۱. کاربرد تاریخی احجام در معماری: "فرایند طراحی و ساخت یک اثر معماری فراتر از قلمرو ابعاد خطی و مدولار بودنشان می‌رود. ساختن دربردارنده انواع محاسبات مانند مساحت، حجم، هزینه، نیروی‌کار، زمان و امثالهم است. به محض مشخص شدن مساحت و حجم سایر ابعاد قابل قیاس پذیری هستند" (Duvernoy, 2021: 1190). از زمانی که انسان مشغول ساخت سرپناه برای خودش بود می‌خواست بداند که او به چه مقدار مصالح برای ساخت نیاز دارد یا برای ساخت فنداسیون باید چه مقدار خاکبرداری کند. این مسئله در قدیمی‌ترین متون چینی به چشم می‌خورد، برای مثال این در یک رساله نه فصلی فنون حسابی چینی به چشم می‌خورد، در فصل پنجم این رساله که عنوان آن «ارزیابی کار[۷]» است به چشم می‌خورد. در این بخش محاسباتی از احجام منتظم وجود دارد که اغلب تعداد افراد مورد نیاز برای کندن و جابجایی آن را نیز ذکر می‌کند (Dold-Samplonius, 2003: 235). گلمبک و ویلبر (۱۹۴ :۱۳۷۴) نیز کاربرد هندسه در معماری اسلامی را در بردارنده تناسبات فضایی، سه‌بعدی و دوبعدی می‌دانند که کاربرد هندسه سه‌بعدی در طاق‌های کوکبی (کاربندی) و مقرنس معرفی می‌شود و کاربرد هندسه دوبعدی را برای تزیین سطوح است. همچنین محققانی همچون اوزدروال (۱۹۹۸) شکل‌گیری تناسبات فضایی در معماری اسلامی را نیز به مثلث مستخرج از مقاطع مخروطی نسبت می‌دهند. هرچند که کاربرد مثلثات در شکل‌گیری تناسبات معماری بسیار با سابقه‌تر از آن است؛ و "یونانیان آن را به طور آشکاری در فرم‌یابی حجم بناهای خود بکار گرفتند و نماهای ساختمان‌ها را بر اساس نسبت‌های طلایی شکل دادند، آنها معتقد بودند مستطیل مستخرج از نسبت‌های طلایی چشم‌نوازتر از سایر مستطیل ها است" (Tabak, 2011: 15).



تصویر ۴. تحلیل ارائه شده از تطابق مثلث خیام با تناسبات گنبدخانه تاج‌الملک. مأخذ: (Özdural, 1998)

علاوه بر این، آثاری معماری به طور مشهودی نقش چندوجهی‌ها در شکل‌گیری فرم‌ها، سازه و تزیینات در معماری را منعکس می‌کنند. تاریخی‌ترین کاربرد مشهود چندوجهی‌ها در معماری در هرم‌های مصر قابل‌مشاهده است (Cromwell,

1997: 2). کاربرد چنین نگرشی در معماری اسلامی را می‌توان در برج چندوجهی شبلی در دماوند مشاهده کرد. همچنین کاربرد مشهود دیگر چندوجهی‌ها در معماری، انواع سازه‌های معماری است؛ مانند گنبدهای ژئودوزیک است. در تزیینات نیز به طور گسترده‌ای از انواع چندوجهی‌ها برای تزیین فضا به‌خصوص در معماری اسلامی بکار گرفته شد.

محراب مسجد سلیکی در ترکیه | برج چندوجهی شبلی، دماوند

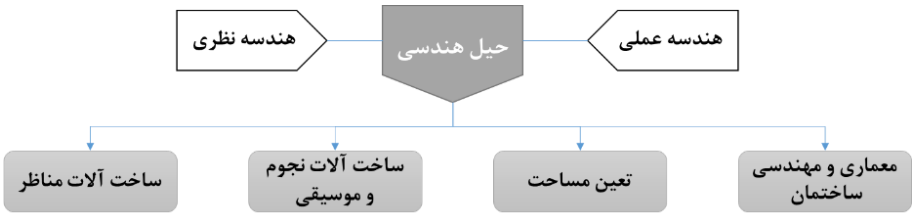
تصویر ۴. کاربرد چندوجهی‌ها در معماری

۴-۲. هندسه را در آراء دانشوران قرون ۴ تا ۸:

سالینگروس (۱۹۹۹) نقل می‌کند که در طول تاریخ الگوها یک ارتباط بنیادی بین معماری، ریاضیات و اجتماع فراهم کردند. فکر انسان‌ها تنها الگوها را در طبیعت و اجتماع شناسایی نمی‌کرد، بلکه الگوها و ارائه‌های بصری جدیدی از آنها را برای درک کاربرد و نتایج آنها توسعه داد (J.Ostwald, 2021: 1310). برخی معتقدند که اصحاب صناعتی که در زمینه معماری کار می‌کردند پیرو اصول و راهنمایی‌هایی بودند که توسط ریاضی‌دانان تبیین می‌شد (Koliji, 2016). ملاحضات پیشین ناظر بر پیوند حوزه معماری و ساخت ابنیه با شاخه هندسه در علوم تعلیمی (ریاضی) است. اما جایگاه معماری در طبقه‌بندی علوم اسلامی بدرستی مشخص نشده است و این امر سبب شده است تا بسیاری ارتباط معماری با علوم اسلامی را به چالش بکشند و آن را نفی کنند. هرچند دررابطه‌با علوم مرتبط با معماری منابع مکتوب بسیار اندکی از گذشته برجای مانده است. نام کتاب «العقود الابنیه» در مقدمه کتاب «استخراج آبهای پنهانی[۸]» تألیف کرجی آمده است که این کتاب به مباحثی دررابطه‌با خانه‌سازی، پل‌سازی، قلعه‌سازی و کندن کاریز مشتمل بود که امروز خود نسخه مکتوب این کتاب وجود ندارد (الکرجی، ۱۳۷۳: ۱۷). این کتاب تا سه قرن بعد نیز بسیار مشهور بود که ابن الکفانی (در گذشته در سال ۷۴۹ هجری) در باب هندسه کتاب ارشاد القاصد از این کتاب یاد کرده است. خوارزمی در مقدمه باب هندسه در پس از تعریف هندسه از ارتباط نقشه، هندسه و مهندس اینگونه سخن می‌گوید: «کلمه‌ای است فارسی که معرب شده و از لغت اندازه به معنی مقدار گرفته شده است، خلیل گفته است: مهندس کسی است که نقشه مجرای قنات و بستر کاریز را طرح می‌کند تا معلوم کند که هر کاریز چگونه باید حفر شود» (خوارزمی، ۱۳۶۲: ۱۹۳). همچنین وی در قسمت حیل که باب هشتم آن است از ابزار شاغول و کونیا (گونیا) به‌عنوان ابزار بنایان و نجاران نام می‌برد (همان: ۲۴۰). یکی دیگر از رسالاتی که به می‌شود ردپای معماری را در آن مشاهده نمود رساله یواقیت العلوم و دراری النجوم است. این کتاب ۲۹ باب دارد که در باب ۲۸ به علم حساب می‌پردازد. شروع این باب این‌گونه است: «بدان که معنی مساحت پیمودن اجسام باشد چون زمین، درخت و دیوار. و [آن را] نیز هندسه خوانند، و این کلمه پارسی است، اصلش اندازه بوده است، و عرب در زبان خودش آن را هندسه کرده‌اند، ماسح را مهندس خوانند». سپس پس از معرفی واحد اندازه‌گیری به ارائه راه‌حل‌های اندازه‌گیری مساحت انواع اشکال و احجام می‌پردازد.

فارابی که علم حیل را در دوشاخه هندسی و عددی در ذیل هفت شاخهٔ علوم تعلیمی قرار می‌دهد. علم «ریاسهٔ البناء» را در ذیل شاخه حیل هندسی بررسی می‌کند. وی در تعریف حیل نقل می‌کند: «علم حیل عبارت است از شناختن را تدبیری که انسان با آن بتواند تمام مفاهیمی را که وجود آنها در **ریاضیات** با برهان ثابت شده است بر اجسام خارجی منطبق سازد، و به ایجاد و وضع آنها در اجسام خارجی فعلیت بخشد. توضیح آنکه در علوم ریاضی خطوط و سطوح و مجسمات و اعداد، و دیگر مفاهیم ریاضی (تنها از لحاظ عقلی و جدا از اقسام خارجی) بررسی می‌شوند، ولی ما هنگام ایجاد این مفاهیم ریاضی در خارج (در اجسام طبیعی و محسوسات به طریق ارادی و به‌وسیله صنعت) به نیرویی نیاز داریم که راه تدبیر و تحقق‌بخشیدن به مفاهیم ریاضی را روشن سازد، و مطابقه آنها بر مواد و اجسام خارجی ممکن نماید» (فارابی، ۱۳۸۱: ۸۹). باتوجه‌به تعریف علم حیل از منظر فارابی مشخص است که فارابی شاخه‌های علوم تعلیمی را کاملاً مستقل از همدیگر نمی‌داند، بلکه منظومهٔ می‌داند که شاخه نظری که ریشه در نظر و برهان دارد و به‌وسیله

علم حیل به شاخه عملی که ریشه در محسوسات دارد متصل می‌کند و سبب شکل‌گیری انواع صناعت می‌شود که یکی از این شاخه‌ها معماری و مهندسی ساختمان ((الصنائع فی الابنیهٔ و النجاره) یا (صناعه ریاسهء البناء) است. بنابراین علم حیل صرفا عملی نیست بلکه آمیخته‌ای از نظر و عمل است که موجب شکل‌گیری انواع صناعات می‌شود.



تصویر ۵. رابطه سلسله‌مراتبی هندسه حیل و معماری از منظر فارابی در کتاب احصاء العلوم

یکی از کتاب‌های مهمی که در سال‌های آغازین قرن هشتم/چهاردهم در این زمینه تألیف شد، کتاب «ارشاد القاصد الئی اسنی المقاصد» از ابوعبدالله شمس الدین محمد بن ابراهیم مشهور به ابن اکفانی (۷۴۹ ق) است. "اهمیت این کتاب از آن روست که در حوزه تقسیم‌بندی علوم مستقیما از دانش‌های مرتبط با معماری نام می‌برد که در شاخه‌های حساب و هندسه جای می‌گیرند" (مجتهدزاده، ۱۴۰۰: ۹۰-۹۱). وی از علوم عقد البناء، علم المساحه، علوم انباط المیاه، جرّاثقال و علم حساب المفتوح نام می‌برد. ابن اکفانی یکی از دانش‌نامه نویسان مسلمان قرن هشتم/ چهاردهم است که مشهورترین اثر وی «ارشاد القاصد الی اسنی المقاصد» است. وی در زمینه تقسیم‌بندی علوم مستقیما از دانشی مرتبط با معماری به‌نام «علم العقود الابنیه» نام می‌برد و جایگاه این علم را تقریبا همان جایگاه کتاب احصاء العلوم یعنی فروعات علم هندسه در نظر می‌گیرد. ابن اکفانی علم عقود الابنیه را علمی درباره چگونگی پی افکندن بناها (أحوال أوضاع الابنیه)، کشیدن جوی‌ها (کیفهً شق الانهار)، حفر قنات‌ها (تقنیهً القنی)، بستن سد بر رودخانه‌ها (سد البثوق)، و انتظام بخشی یا کنار هم چیدن خانه‌ها (تنضید المساکن) توصیف می‌کند (ابن کفانی، ۱۹۹۰: ۱۸۹-۱۹۰). علاوه بر علم العقود الابنیه ابن کفانی از کاربرد علوم دیگر در معماری یاد می‌کند که این علوم شامل المساحهً (مختص اندازه طول خطوط، مساحت سطوح، و حجم اجسام برای موضوع خراج، تقسیم زمین و اندازه خانه‌ها)، انباط المیاه (استخراج آبها و جاری کردن)، علم جراثقال و در نهایت علم الحساب المفتوح (از کاربردهای علم مساحت) است (همان: ۲۱۲ به نقل از مجتهدزاده، ۱۳۹۸: ۱۰۷ و ۱۰۸).

رساله «الاعلام بمناقب الاسلام» متعلق به ابوالحسن عامری صناعت ریاضی را به پنج دسته‌ی حساب، هندسه، نجوم، ترکیب و صنعت (الحیل[۹]) تقسیم می‌کند که از لحاظ اهمیت هندسه را پس حساب ارج می‌نهد. وی در مورد هندسه چنین نقل می‌کند: «هندسه نیز از لحاظ اهمیت و ارج مقامی پس از حساب قرار دارد ... روشن است که اگر این صناعت نبود ... مساحتگران قادر به شناخت اشکال ساختمانها نبودند و تحقیق در درازا و پهنای دریاها و پایه‌های بلندی کوه‌ها در گنجایش عقل قرار نمی‌گرفت. علاوه بر اینها بنایان، درودگران، صورتگران، و ریخته‌گران چیره دست، از این صناعت بهره می‌گیرند». همچنین وی در توصیف صنعت (الحیل) چنین نقل می‌کند: «هنری است مشترک بین علوم ریاضی و علوم طبیعی و به کمک آن می‌توان آبهای متراکم زیر زمینی را استخراج و بر روی زمین جاری کرد. ... و نیز احداث گذرگاه بر روی دره‌های ژرف و ساختن پل‌های شگفت انگیز بر روی نهرهای عمیق و انجام کارهای دیگری که ذکر آنها موجب اطاله کلام است، میسر می‌شود» (عامری، ۱۳۶۷: ۶۵-۶۶). که وی امور طبیعی را نیز علم به امور جسمانی و مادی جهان می‌داند. بنابراین زمانی به طبقه‌بندی عامری می‌نگریم، مشاهده می‌شود که وی نیز تقریبا جایگاه هندسه را معادل هندسه نظری فارابی می‌داند و صناعت طبیعی را معادل هندسه عملی فارابی می‌داند که بواسطه علم حیل موجبات ساخت ابنیه پدید می‌آید. جایگاه معماری در طبقه‌بندی علوم پیوند بسیار عمیقی با هندسه برای اقسام محاسبات دارد که ناظر بر حوزه ساخت است.

فصل آخر کتاب «المقدمه» ابن خلدون به علوم مرتبط به صناعت می‌پردازد، دانش معماری (صناعهٔ البناء) و نجاری

(النجاره) را صناعتی در ارتباط با هندسه معرفی می‌کند. وی دانش هندسه را مشتمل بر فروعی مانند هندسه کروی و مخروطات؛ مساحی و علم مناظر معرفی کرد. علاوه بر این، بیان می‌کند نجار برای ساختن نیازمند دانستن دانش تناسبات و اندازه‌ها است، و برای شناخت تناسبات باید به هندسه‌دان رجوع کرد. که اقلیدوس، آپولونیوس (نویسنده مقاطع مخروطی) و منلائوس نجار بودند. (Ibn Khaldun, 2015: 556-561). همچنین در تقسیم‌بندی علوم هنگامی که از هندسه سخن می‌گوید به کاربرد برخی شاخه‌های فرعی آن در حوزه معماری اشاره می‌کند. وی علاوه بر علم مساحت (علم مساحه) از علم مخروطات (المخروطات) نیز ذیل فروع هندسه یاد می‌کند که ((درباره اشکال و قطوع اجسام مخروطی شکل و کلیه عوارضی است که در این خصوص پدید می‌آید)) و از کاربرد این دانش را در حوزه صناعت‌های که با کالبد سر و کار دارند مانند معماری و نجاری نام می‌برد همچنین او به کاربرد این دانش را درباره چگونگی جابجایی بارهای سنگین و ساخت بناهای بلند (جراثقال و نقل الهیاکل نادرة)، فنون مهندسی، قرقره‌ها و چیزهای از این دست اشاره می‌کند (Ibn Khaldun, 2015: 557).

علاوه بر مکتوبات نقل شده در دانشنامه‌ها، وصف ادیبان نیز به این ارتباط اشاره دارد. به همت اندیشه هنرمندان و ادیبان متعدد در ادوار مختلف، ادبیات و معماری در کنار سایر هنرها ابعاد و اشکال مختلف موجودیت خودشان را آشکار نمودند و در بسیاری از موارد وجوه مشترکی از یک دیگر به نمایش گذاشته‌اند. (خامسی هامنه، ۱۳۹۲: ۱). مستنداتی در ادبیات فارسی نیز وجود دارند که نشان می‌دهد، چندوجهی‌ها و علوم مرتبط با آن مانند هندسه و علم هیئت در دانش معماری گذشته دارای اهمیت بوده است. این ارتباط در اشعار شاعرانی چون مولانا، نظامی، خاقانی و جامی مشهود است.

جدول ۱. اشعار شاعرانی ایرانی دررابطه‌با معماری و هندسه و حجم

مولانا	چو مهندس جهت جان وطن غیبی ساخت / با مهندس ز درون هندسه‌ای برشمریم
نظامی	فکند از هیئت نه حرف افلاک / رقوم هندسی بر تختهٔ خاک
	که هست اینجا مهندس مردی استاد / جوانی نام او فرزانه فرهاد
	به وقت هندسه عبرت نمائی / مجسطی دان و اقلیدس گشائی
	اوستادی به شغل رسامی / در مساحت مهندسی نامی
	از طبیعی و هندسی و نجوم / همه در دست او چو مهره موم
	خرده کاری به کار بنائی / نقش‌بندی به‌صورت آرائی
خاقانی	جمشید ملک هیئت خورشید فلک هیبت / یک هندسه رایش معمار همه عالم
جامی	چنین گویند معماران این کاخ / که چون شد بر عمارت، دایه گستاخ
	به دست آورد استادی هنرکیش / به هر انگشت دستش صد هنر بیش
	به رسم هندسی کار آزمایی / قوانین رصد را رهنمایی
	چو از پرگار بودی خالی‌اش مشت / نمودی کار پرگار از دو انگشت
	چو بهر خط ز طبعش سر زدی خواست / بر او آن کار بی‌مسطر شدی راست
	به جستی بر شدی بر تاق اطلس / بر ایوان زحل بستی مقرنس
جامی	اشکال علم هیئت باطن نکرده حل / ز اشکال هندسیت چه گیرد کسی حساب
	دل را به آب زهد و ورع ده طهارتی / کین باشد از کتاب هدایت نخست باب

شاعران در وصف دانایی معمار از کلماتی چون «هندسه»، «مجسطی»، «اقلیدوس» «نجوم»، «رصد»، «هیئت»، «اطلس» استفاده کرده‌اند. کاربرد این واژگان در شرح دانایی معمار نشان از این دارد که معمار می‌بایست به مثلثات کروی و به تبع آن احجام کروی تسلط داشته باشد. زیرا کتاب «المجسطی» تألیف بطلیموس (۹۰-۱۶۸م.) مرجع اصلی مسلمانان با علم نجوم و جغرافیا بوده است که در یونان به شکل علمی به بیان حرکات ستارگان و تبیین ریاضی این حرکات اختصاص داشت (Brummelen, 2013: 46). به دلیل اهمیت قبله‌یابی، گاه‌شماری شرعی و مسائلی از این دست که

شریعت اسلامی با آن سر و کار داشته است، مقالات بطلمیوس بیش از هر متن دیگری در ردوره اسلامی مورد توجه قرار گرفت و عملا تاثیرگذارترین منبع احکام نجومی دوره اسلامی شد (صلیبا، ۱۳۹۲: ۵۳). ازاین‌رو وقتی شاعران در وصف دانایی یک معمار به این علوم اشاره می‌کنند، یعنی آن فرد از این منظر به هندسه احجام آگاهی دارد.

۵. تحلیل یافته‌ها

به‌طور کلی آنچه که به‌عنوان نشانه‌های کاربرد حجم در معماری ملاحضه می‌شود را می‌توان در سه بخش بررسی کرد. بخش اول پژوهش‌های پیشین را در بر می‌گردد که کاربرد هندسه حجم را در ساختارهای فضایی، تناسبات، محاسبات (طاق، قوس و مقرنس) و عناصر تزئینی اشاره دارند. همانطور که احجام چندوجهی متشکل از سطوح متصل بهم هستند، یک بنای معماری نیز در پیوند سطوح گسسته شکل می‌گیرد. ازاین‌رو طراحی حجمی اساس فرایند طراحی در معماری است. علاوه بر این، احجام به‌عنوان ایده‌های طراحی به‌صورت مشهودی که در معماری بکار گرفته شدند که در جدول زیر قابل‌مشاهده هستند.

جدول ۲. حجم و معماری

حجم و معماری اسلامی در پژوهش‌های پیشین	حجم در فرایند طراحی معماری	نشانه‌های مشهود کاربرد احجام در معماری
انتقال کروی، نظم فضایی، تناسبات، محاسبات (طاق، قوس و مقرنس) و عناصر تزئینی	حجم معماری به مصابه چندوجهی‌های متشکل از سطوح متصل بهم	محراب مسجد سلیکی در ترکیه برج چندوجهی شبلی در دماوند هرم‌های مصر

هر چند که معماری یا همان صناعت الابنیه در گذشته به‌عنوان یک علمی که سینه به سینه منتقل می‌شد و تلاش می‌شد تا علوم مرتبط با این علم فاش نشود؛ و بواسطه چنین نگرشی بود که در میان دانشنامه‌های اندکی از آن سخن به میان آمد و بسیار کم به آن پرداختند. بااین‌حال، اندک مکتوبات برجای مانده رابطه بین معماری و هندسه حجم را به نمایش می‌گذارد که اغلب تاکید در مکتوبات دانشمندان بر کاربرد حساب در معماری تاکید دارد. بااین‌حال ابن خلدون به‌صورت آشکاری کاربرد علوم احجام در معماری را به‌صورت مفصل‌تر توضیح داده است که هندسه حجم در سه‌شاخه کاربرد دارد که در جدول شماره ۳ مشهود است.

جدول ۳. معماری و هندسه حجم در دانشنامه‌ها

رساله	نشانه	کاربرد
استخراج آبهای پنهانی	نام کتاب «العقود الابنیه»	خانه‌سازی، پل‌سازی، قلعه‌سازی و کندن کاریز
رساله یواقیت العلوم و درای النجوم	وابستگی هندسه و حساب	کاربرد هندسه در پیمایش سطوح و احجام معماری
احصاء العلوم	هندسه نظری و عملی	معماری در ذیل حیل هندسی که حاصل پیوند هندسه نظری و عملی است.
ارشاد القاصد الئی اسنی المقاصد	معماری در ذیل حساب و هندسه	کاربردهای علم مساحت
الاعلام بمناقب الاسلام	تبیین جایگاه هندسه پس از حساب	تاکید بر کاربرد علم هندسه در صناعت
المقدمه	پرداختن به صناعة البناء	شاخه‌های تناسبات و اندازه، هندسه کروی و مخروطات و تبیین کاربرد هر یک در صناعت البناء

هر چند بر اساس مبانی هندسه حجمی یک بنای معماری متشکل از وجوه، رئوس و لبه‌ها است. اما بررسی مستندات تاریخی پیوندی عمیق‌تر از چنین تشبیهی را نشان می‌دهد، معماری اسلامی در پیوند با تفکر حجمی نیازمند برای طراحی یک بنا به‌عنوان یک شی منسجم نیازمند دانش ریاضی در این حوزه است. در بررسی کاربرد حجم در تفکر حجمی آنچه که به‌عنوان نشانه‌های تفکر حجمی در منابع مکتوب (ادبیات و دانشنامه‌ها) تحت عنوان «دانش اندازه و تناسبات»، «مخروطات» و «هندسه کروی» نام برده شده است در بناهای تاریخی نیز قابل‌مشاهده است. علاوه بر موارد یاد شده کاربرد کلماتی چون «هندسه»، «مجسطی»، «اقلیدوس»، «نجوم»، «رصد»، «هیئت»، «اطلس» در وصف دانایی معمار نیز به ارتباط بین این علوم و معماری اشاره دارد. زیرا علوم مرتبط با علوم نجوم و جغرافیا متکی بر مثلثات و هندسه احجام بود تا موقعیت‌های جغرافیایی و حرکت اجرام در آسمان در محاسبه بکنند.

۶. نتیجه‌گیری

تاکید فیلسوفان مسلمان همچون فارابی بر پیوند عمیق نظر و عمل زمینه‌های نظری برای آمیختن عقلانی حوزه‌های گوناگون

علم و عمل را فراهم آورد. هندسه به‌عنوان یکی از علوم بسیار تاثیرگذار در مکاتب فرهنگی جهان اسلام در پی‌ریزی تمدن اسلامی اهمیت فراوانی یافت. ملاحضاتی که در منابع مکتوب تاریخی به‌چشم می‌خورد ناظر بر پیوند حوزه معماری و ساخت ابنیه با شاخه هندسه است. از آثار معماری بجا مانده در سرتاسر جهان می‌توان دریافت که فرم‌گرایی به واسطه هندسه احجام در ذهن معماران تعریف شده بود که این موضوع از معماری کهن مصر تا دوران اسلامی قابل‌مشاهده است. کاربرد احجام در معماری اسلامی نیز چه به لحاظ فرمی و چه تزئینی آشکار است، و حتی تعیین تناسبات معماری نیز می‌توانست از مثلثات مشتق شده از مقاطع مخروطی ریشه بگیرد. علاوه بر ساختارهای هندسی بکار گرفته شده در بناهای تاریخی، بکار بردن کلماتی چون «مجسطی»، «اقلیدوس» «نجوم»، «رصد»، «هیئت»، «اطلس» برای شرح دانایی‌های معماری در اشعار شاعران می‌توان نشان‌دهنده این است که معماران نیازمند آگاهی به علوم مرتبط با احجام از جمله مثلثات کروی داشته‌اند.

هرچند در رابطه علوم مرتبط با صناعت معماری در دانش‌نامه‌های جهان اسلام به ندرت سخن به میان آمده است. ابن کفانی و ابن خلدون هر دو از علم اندازه و تناسبات برای اندازه گیری سطوح و احجام در ملزومه دانش معماری را در کنار علم مخروطات و هندسه کروی نام می‌برند. این سه بعد تفکر حجمی نام برده شده در دانشنامه‌ها به‌صورت موردی در پژوهش‌های پیشین، بناهای تاریخی و اشعار شعرا قابل‌مشاهده است که نشان از ابعاد تفکر حجمی در معماری اسلامی دارد.

تصویر ۶. ابعاد تفکر حجمی در معماری. مأخذ: (نگارنده)

جستجوی ارتباط بین کاربرد علم حساب، مقاطع مخروطی و مثلثات کروی و معماری اسلامی در رساله‌های دانشمندان مسلمان برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت

۱. Keith Critchlow
۲. Order in Space
۳. Renata Holod
۴. Alpay Ozdural
۵. Hakan Hisarligil, Beyhan Bolak Hisarligil1
۶. polyhedral
۷. Shang kung
۸. انباط المیاء الخفیه (تألیف ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب الکرجی)
۹. ابوالحسن عامری از کلمه الحیل استفاده کرده است که مترجم اثر در ترجمه خود به آن را لغتی برابر با صنعت دانسته است (عامری ۱۳۶۷: ۱۹۰).

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- ابن الاکفانی، محمدبن ابراهیم بن ساعدالانصاری. ارشاد القاصد الی اسنی المقاصد فی انواع العلوم. تحقیق و تعلیق عبدالمنعم محمدعمر. مراجعه احمد حلمی عبدالرحمن. قاهره: دار الفکر العربی. ۱۹۹۰.
- الکرجی، محمد بن الحسن الحاسب الکرجی. استخراج آبهای پنهانی. ترجمه حسین خدیو جم. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مالعات فرهنگی؛ کمیسیون ملی یونسکو. ۱۳۷۳.
- بونر، جی. الگوهای هندسی اسلامی؛ توسعه تاریخی و روش‌های سنتی ساخت. ترجمه: احد نژادابراهیمی، عارف عزیزپورشوبی. تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ۱۴۰۰.

- بیدبرگ، معصومه؛ شهبازی شیران، حبیب؛ بیدبرگ، فاطمه. بررسی ویژگی‌های معماری هنر ادوار مختلف در مسجد جمعه اردبیل. دو ماهنامه علمی تخصصی پژوهش در هنر و علوم انسانی. سال سوم، شماره شش (پیاپی چهارده)، جلد یک،(۱۳۹۷)، ۲۵- ۳۷.
- خامسی هامانه، فخرالسادات. جستاری در مشابهات معماری و ادبیات. چیدمان، سال دوم شماره ۴. زمستان، (۱۳۹۲)، ۱۶۰- ۱۶۹.
- خوارزمی، ابو عبدالله محمد بن احمد بن یوسف. مفاتیح العلوم. تهران: انتشارات بنیاد فرهنگ ایران. ۱۳۶۳.
- صلیبا، جورج. «نجوم و احکام نجوم در دوره اسلامی». ترجمه یونس مهدوی. میراث علمی اسلام و ایران، سال دوم، شماره اول، ۱۳۹۲، ۵۲- ۶۳.
- عامری، ابوالحسن. الأعلام بمناقب الإسلام. ترجمه احمد شریعتی و حسین منوچهری. تهران: مرکز نشر دانشگاهی. ۱۳۶۷.
- عباسی، نوشین؛ مریم قاسمی سیچانی؛ نیما ولی‌بیگ، مهدی سعدوندی. ارزیابی آراء ریاضی‌دانان مسلمان (سده دو تا یازدهم هجری قمری) در باب ماهیت هندسه در معماری. فصلنامه اندیشه معماری، سال سوم، شماره پنجم، بهار و تابستان، (۱۳۹۸)، ۸۴-۱۰۵.
- فارابی، ابو نصر محمد بن محمد. احصاء العلوم. ترجمه حسین خدیو جم. تهران: علمی و فرهنگی. ۱۳۸۱.
- ویلبر، دونالد؛ گلمبک، لیزا. معماری تیموری در ایران و توران. (کرامت اله افسر و محمد یوسف کیانی، مترجم)، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور. ۱۳۷۴.
- مجتهدزاده، روح‌الله. مناسبات معماری و علوم در ایران دوران اسلامی. تهران: فرهنگستان هنر جمهوری اسلامی ایران. ۱۴۰۰.
- مجتهدزاده، روح‌الله. نسبت معماری و علوم در ایران دوران اسلامی؛ با تاکید بر علوم عملی. رساله دکتری رشته معماری اسلامی. اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده معماری و شهرسازی. ۱۳۹۷.
- Abbasi, N., Ghasemi sichani, M., Valibeig, N., Saedvandi, M. (2019) EVALUATION OF THE VIEWPOINTS OF MUSLIM MATHEMATICIANS (2-11 Centuries AH) ABOUT THE CONCEPT OF GEOMETRY IN ARCHITECTURE. Journal of Architectural Thought; 3(5): 84-105. doi: 10.30479/at.2019.10296.1141. (In Persian)
- Al-Karji, M-H. (1994). Extraction of hidden waters. Translated by Hossein Khadiv Jam. Tehran: Research Institute of Humanities and Cultural Resources; UNESCO National Commission. (In Persian)
- Ameri, Abolhassan. (1988). Al-Alam Bmnaqib Al-Islam. Translated by Ahmad Shariati and Hossein Manouchehri. Tehran: Academic Publishing Center. (In Persian)
- Bidbarg, M; Shahbazi Shiran, H; Bidbarg, F. (2017). Investigating the architectural features of the art of different periods in Juma Mosque of Ardabil. Bi-monthly scientific magazine specialized in research in art and humanities. Third year, 6 (14), volume one, pp: 25-37. (In Persian)
- Bonner, J (2021). Islamic Geometric Patterns. Translated Ahad Nejad Ebrahimi & Aref Azizpour Shoubi, Tabriz: Islamic Art University. (In Persian)
- Brummelen, Glen Van. Heavenly Mathematics; The Forgotten Art of Spherical Trigonometry. Princeton University Press. 2013. DOI:10.23943/princeton/9780691175997.001.0001
- Chang, K. H., Cheng, C. Y., Luo, J., Murata, S., Nourbakhsh, M., & Tsuji, Y. Building-GAN: Graph-Conditioned Architectural Volumetric Design Generation. In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (pp. 11956-11965).

Chorbachi, W. K. 1989. “In the Tower of Babel: Beyond Symmetry in Islamic Design” in Computers Math. Applic. Vol. 17: No. 4-6, (2021), 751-789.

- Critchlow, Keith. Order in Space. New York: Thames & Hudson. 1987.
- Cromwell, Peter R. Polyhedra. Cambridge University Press. 1997.
- Dold-Samplonius, Yvonne. «Calculating Surface Areas and Volumes in Islamic Architecture», in : Jan P. Hogendijk, Abdelhamid I. Sabra, eds., The Enterprise of Science in Islam. New Perspectives. Cambridge MA, MIT Press, (2003), 235-265.
- Dold-Samplonius, Yvonne. Practical Arabic Mathematics: Measuring the Muqarnas: by al-kashi. CENTAURUS, Vol. 35. (1992), 193-242.
- Duvernoy, Sylvie. Classical Greek and Roman Architecture: Examples and Typologies. B. Sriraman (ed.), Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences, Springer Nature Switzerland AG . 2021. Doi:10.1007/978-3-319-57072-3
- Efendi, Ca’fer. 1987. Risale-i Mimariyye: An Early Seventeenth-Century Ottoman Treatise on Architecture (Studies in Islamic Art and Architecture: Supplements to Muqarna) (Howard Cra). E. J. Brill.
- Holod, Renata. “Text, Plan and Building: On the Transmission of Architectural Knowledge” in Theories and Principles of Design in the Architecture of Islamic Societies, Ed. By Margaret Bentley Sevcenko. Cambridge, Massachusetts: The Aga Khan Program for Islamic Architecture. (1988), 1-12.
- Hisarligil, Hakan,. Hisarligil, Beyhan Bolak. The Geometry of Cuboctahedra in Medieval Art in Anatolia. Nexus Netw J 20 (2018), 125–152. https://doi.org/10.1007/s00004-017-0363-7
- Huybers, Pieter. Polyhedral Building Structures. International Journal of Architectural Technology. No: 1. Vol. 32 No. 4, (2012), 159–173. http://dx.doi.org/10.14477/jhm.2019.32.4.159
- Ibn Khaldun. THE MUQADDIMAH; An Introduction to History. TRANSLATED AND INTRODUCED BY FRANZ ROSENTHAL. PRINCETON UNIVERSITY PRESS. 2015.
- Ibn al-Kafani, M-A. 1990. Guiding the seeker to the best objectives in the various types of science. Investigation and suspension of Abdul Moneim Mohammad Omar. Reference by Ahmad Helmi Abdul Rahman. Cairo: Dar al-Fikr al-Arabi. (In Arabic)
- J. Ostwald, Michael. Tessellated, Tiled, and Woven Surfaces in Architecture. B. Sriraman (ed.), Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences, , Springer Nature Switzerland AG. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57072-3_86
- Kharazmi, A-M. (1984). Mofatih al-Uloom. Tehran: Farhang Iran Foundation Publications. (In Persian)
- Khamsi Hamaneh, F. (2012). An essay on similarities between architecture and literature. Chideman, second year, number 4. Winter. 160-169. (In Persian)
- Kappraff, Jay. Connections: The Geometric Bridge Between Art and Science. American Journal of Physics. Second. Singapore: World Scientific. 2001.
- Koliji, Hooman. Gazing Geometries: Modes of Design Thinking in Pre-Modern Central Asia and Persian Architecture. Nexus Network Journal Architecture and Mathematics, (2016), DOI: 10.1007/s00004-016-0288-6
- Farabi, A-N.(2002). iḥṣāʾ al-ʿulūm, trans by H Khadiu Jam. elmi and farhangi, Tehran. (In

Persian)
- Mojtahadzadeh, R. (2021). Relations between architecture and science in Iran during the Islamic era. Tehran: Art Academy of the Islamic Republic of Iran. (In Persian)
- Mojtahadzadeh, R. (2017). The ratio of architecture and science in Iran during the Islamic era; Emphasis on applied sciences. Doctoral thesis in the field of Islamic architecture. Isfahan: Isfahan University of Arts, Faculty of Architecture and Urban Planning. (In Persian)
- Necipoğlu, Gülru. «Ornamental Geometries: A Persian Compendium at the Intersection of the Visual Arts and Mathematical Sciences». ed. by Gülru Necipoğlu., The Arts of Ornamental Geometry: A Persian Compendium on Similar and Complementary Interlocking Figures, Fī tadākhul al-ashkāl al-mutashābiha aw al-mutawāfiqa (Bibliothèque nationale de France, Ms. Persan 169, fols. 180r–199r), Leiden and Boston, MA: Brill, [Studies and Sources in Islamic Art and Architecture, Supplements to Muqarnas, , vol. XIII]. 2017. 11-78.
- Nejad Ebrahimi, Ahad, and Aref Azizpour Shoubi. "The Projection Strategies of Gireh on the Iranian Historical Domes." Mathematics Interdisciplinary Research 5 (3), (2020), 239–57. https://doi.org/10.22052/mir.2020.212903.1187.
- Özdural, Alpay. The Use of Cubic Equations in Islamic Art and Architecture. Volume I; Preface to Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future. New York: Springer. 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-00137-1
- Özdural, Alpay. Mathematics and Arts: Connections between Theory and Practice in the Medieval Islamic World. Historia Mathematica (27), (2000), 171–201. Doi:10.1006/hmat.1999.2274
- Özdural, Alpay. A Mathematical Sonata for Architecture: Omar Khayyam and the Friday Mosque of Isfahan. Technology and Culture, Vol. 39, No. 4, (1998), 699-715. Doi:10.2307/1215
- Pottmann, Helmut., A. Asperl, M. Hofer, and A. Kilian. Architectural Geometry. Exton, PA: Bentley Institute Press. 2007.
- Rabbat, N. Islamic Architecture as a Field of Historical Enquiry. Architectural design, (6), (2004), 18-23.
- Saliba, G. (2012) "Astrology and rules of astrology in the Islamic period". Translated by Yunus Mahdavi. Scientific heritage of Islam and Iran, second year, first issue, 52-63. (In Persian)
- Salingaros N . Architecture, patterns and mathematics. Nexus Netw J 1(1), (1999), 75–85.
- Sarhangi, Reza. "Illustrating Abu Al-Wafā' Būzjānī: Flat Images, Spherical Constructions." Iranian Studies 41 (4), (2008), 511–23. https://doi.org/10.1080/00210860802246184.
- Tabak, Jahn. Algebra, Sets, Symbols, and the Language of Thought, New York Public Library, 2002.
- Watts, Carol Martin. The Square and the Roman House: Architecture and Decoration at Pompeii and Herculaneum, Kim Williams, Michael J. Ostwald, Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future Volume I: Antiquity to the 1500s, Cham, Birkhäuser, (2015), 567- 84. DOI 10.1007/978-3-319-00137-1
- Wilber, D; Golembek, L. 1995. Timurid architecture in Iran and Turan [in Persian]. Translate by Karamat Elah Afsar and Mohammad Yusuf Kiani, Tehran: Iran's Cultural Heritage Organization. (In Persian).

JISAUD
Journal of Interdisciplinary Studies in Architecture and Urbanism Development
Islamic Azad University, Tabriz Branch

Volume 3, Issue 2, Autumn & Winter 2024
DOI: 10.71882/jisaud.2024.1123797

The relationship between volumetric geometry and Islamic architecture in historical writings

Aref Azizpour Shoubi[1], Ahad Nejad Ebrahimi*[2], Yaser Shahbazi[3]

(Receive Date: 27 June 2024 Revise Date: 09 August 2024 Accept Date: 27 October 2024)

Research Article

Abstract

Introduction: To study Islamic architecture, one must explore the intellectual discourse that has led to the emergence and evolution of Islamic architectural traditions. Among the critical discourses influencing Islamic architecture is the knowledge of geometry and its application. Geometry, both planar and volumetric, has been prominently employed in Islamic architecture. However, most researchers have focused on planar geometry, with limited studies investigating volumetric geometry in Islamic architecture. This neglect appears to stem from a lack of understanding of volumetric geometry and its relevance to Islamic architectural practices.

Methodology: This research, fundamental in nature and adopting a historical study approach, seeks to answer the following questions through library studies and historical interpretation:

1. What evidence is there in buildings and written sources that demonstrate the use of volumetric geometry in Islamic architecture in Iran?
2. What sciences contributed to volumetric thinking in the Islamic architecture industry?

To address these questions, the research reviews previous studies related to volumetric geometry and Islamic architecture, examining the position of architecture in the classification of sciences. Subsequently, it searches for evidence related to geometry, volume, and architecture in written architectural sources (literature and encyclopedias).

Results: Analyzing volume from an architectural perspective reveals various concepts such as volume in relation to form, spatial volume, and material volume. Polyhedrons—shapes bounded by planar faces—play a pivotal role in architectural modeling since constructing flat surfaces is generally easier than creating curved ones. Throughout history, pattern recognition has provided a fundamental connection between architecture, mathematics, and society. Human thought not only identified patterns in nature and society but also developed new patterns and visual representations to understand their application and results. Some believe that those working in architecture followed principles and guidelines explained by mathematicians. This suggests a significant link between architectural practice and the field of geometry within educational sciences (mathematics). Besides using volumetric patterns in architectural forms or building decorations, written sources also indicate the application of volumetric science in architecture. Due to the efforts of many artists and writers in different eras, literature and architecture, along with other arts, have revealed the different dimensions and forms of their existence and in many cases they have exhibited common features from each other.

Conclusion: The emphasis by Muslim philosophers such as Al-Farabi on the deep connection between theory and practice provided a theoretical basis for the rational integration of various fields of science and practice. Geometry, as one of the most influential sciences in the cultural schools of the Islamic world, was crucial in the foundation of Islamic civilization. From architectural works around the world, it is evident that formalism was defined by the geometry of volumes in architects' minds, visible from ancient Egyptian architecture to the Islamic era. According to encyclopedias, there has been a connection between volumetric geometry and architectural knowledge in three branches: size and proportions, spherical geometry, and the science of cones. Furthermore, the use of volumetric geometry in poets' descriptions of architectural knowledge and its appearance in some architectural works confirm these findings.

Conflict of interest: None declared.

[1] PhD of Islamic architecture at the faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Iran.
[2] Professor at the faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Iran (Corresponding author). ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir
[3] Associate professor at the faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Iran.