

بررسی گره در هندسه اسلامی با تمرکز بر کاربرد الگوهای سازه ای در معماری معاصر (نمونه موردی: گنبد کبود مراغه)

مازیار آصفی: دکتری تکنولوژی معماری، استاد تمام دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران
masefi@tabriziau.ac.ir

سام مرادزاده: دانشجوی کارشناسی ارشد معماری اسلامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران
s.moradzadeh@tabriziau.ac.ir

حمیدرضا آشتیانی: دانشجوی کارشناسی ارشد معماری اسلامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران
h.ashtiani@tabriziau.ac.ir

چکیده

یکی از ویژگی‌های هنرهای اسلامی، وجود نقش‌های هندسی در عناصر تزئینی طاقی ایرانی چون مقرنس‌ها، یزدی بندی‌ها و گره چینی‌ها است. در این پژوهش، با مطالعه زمینه‌های تزئینات گره و بنای کهن گنبد کبود گره به عنوان نمونه موردی، تلاش برای ارائه طرحی کاربردی برای سقف این بنا می‌شود. برای سیر به این اهداف، گره‌ها از یک سو به دلیل تنوع، کثرت، پیچیدگی، آهنگ، توازن و استفاده از انواع نقوش هندسی و از سوی دیگر به دلیل مطالعات وسیعی که از سوی صاحب نظران در این زمینه ارائه شده، انتخاب گردیده‌اند. در این مقاله به دنبال پاسخ به پرسش‌های: گره و ویژگی‌های آن چیست، همچنین روش‌های ترسیم آن به چه نحو می‌باشد؟ کاربرد گره در الگوی سازه‌ای سقف گنبد کبود به چه شکل می‌باشد؟ منجر به روش تحقیق تاریخی - توصیفی می‌باشد و در قالب پژوهش‌های کاربردی جای می‌گیرد. همچنین شیوه‌ی گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. در مدل‌سازی داده‌ها و تصویرسازی از نرم افزار راینو و افزونه گرسپایر بهره‌گیری شده است. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد بهره‌گیری از یک روش اجرا زمانی ایده‌آل و بهینه می‌باشد که توسط چند روش امکان‌سنجی و انجام گردد. سپس مشخص گردد هر روش چگونه می‌تواند متناسب با زمینه طراحی اجرا گردد. گنبد کبود مراغه به دلیل تناسب خاص خود، نیازمند سقفی با ابعاد و خیز متعادل با خود بنا دارد، از سوی دیگر، ویژگی خاص تزئیناتی بنا ایجاد زمینه‌ای مناسب برای بهره‌گیری از آن بر روی سقف طراحی شده می‌کند. در نهایت نشان داده می‌شود چگونه میتوان با بهره‌گیری از شیوه‌های مدرن و سنتی در کنار یکدیگر به مقاصد معاصر دست یافت.

کلمات کلیدی: هندسه، گره چینی، گنبد کبود، دستگردان

امروزه با صحبت از خلق فضاهایی با کاربری‌های پیچیده و سازه‌هایی انعطاف‌پذیر، بلافاصله معماری معاصر غرب و مبانی نظری رایج در دنیای مدرن تداعی می‌شود. اعتقاد عموم متخصصان بر این است که فقط با معماری‌های برگرفته از مکاتب غرب که هندسه فضایی خاصی دارند، قادر به خلق فضاهای پیچیده با قابلیت گسترش در ابعاد مختلف فضایی خواهیم بود. در حالی که «معماری اسلامی در ذات خود معماری هندسه گراست» (فلامکی، ۱۳۸۱، ۲۱۰). عشق مسلمانان به ریاضیات، خاصه هندسه و عدد، مستقیماً به اصل پیام اسلام مربوط می‌شود، که همانا عقیده به توحید است. در جهان بینی اسلامی، ویژگی تقدس ریاضیات در هیچ جا بیشتر از هنر ظاهر نشده است.

در هنر، ماده به کمک هندسه و حساب شرافت یافته و فضایی قدسی آفریده که در آن حضور همه جایی خداوند مستقیماً انعکاس یافته است. نقش‌های هندسی بی‌نهایت گسترش پذیر، نمادی از بعد باطنی اسلام است و این مفهوم صوفیانه «کثرت پایان ناپذیر خلقت، فیض وجود است که از احد صادر می‌شود: کثرت در وحدت» (نصر، ۱۳۶۶، ۱۴۳). در عالم عین و هستی، هندسه اساس همه پدیده‌های طبیعی را تشکیل می‌دهد و درک چنین عالمی بدون آن محال است. روابط دقیق ریاضی و هندسی کائنات اشاره به سرشت دقیق و نظام پهنای ماورای هستی دارد. میان هنر اسلامی و ریاضیات در ساختار و بنیان روابط خیره کننده‌ای وجود دارد و ارتباط شگفت انگیز میان امور عقلی و معنوی با بیان تجسمی در معماری سنتی را آشکار می‌کند (نصر، ۱۳۷۵، ۴۹).

گنبد کیبود مراغه که احتمالاً در حدود سال‌های ۵۸۲-۶۵۶ ه.ق ساخته شده است، حلقه میانی معماری سلجوقی و ایلخانی را تکمیل و نحوه تحولات این دو دوره را نسبت به یکدیگر نمایان می‌کند. دوره سلجوقی با بنای ارزشمند این مقبره به دوره بعدی خود یعنی دوره ایلخانی می‌پیوندد. این بنا از نظر ارزش هنری تزئینات در نوع خود بی‌ظنیر و الگوی بسیاری از تزئینات در بناهای تاریخی بعد از خود است. گنبد کیبود مراغه احتمالاً اولین نوع گنبد ده ضلعی پر تزئین سلجوقی در ایران و حتی کشورهای هم‌جوار است. پرکارترین و بهترین نقوش گره با آجر متعلق به گنبد کیبود است. قابل ذکر است که نقوش گره در این بنا با شیوه رگ چین آجری ایجاد نشده بلکه توسط آجرهای قالبی، تراش و سفالینه‌های نقش دار اجرا شده است. متخصصان این گنبد را به لحاظ تحولاتی که در ساختار گره هندسی و تزئینات معماری ایجاد کرده، نقطه پیوند بین تاریخ هنر با تاریخ معماری و با تاریخ ریاضیات می‌دانند (بایر ۲۰۱۲، ۲۷۰).



تصویر ۲. گنبد کیبود قبل از اجرای گنبد (منبع: نگارندگان)



تصویر ۱. فریم گذاری و اسکلت بندی برای اجرای گنبد کیبود، مراغه (منبع نگارندگان)

طی سال‌های اخیر بنای ارزشمند گنبد کیبود مورد بی‌مهری قرار گرفته و روند فرسودگی کنترل نشده را پیش گرفته است. همچنین ایده بازسازی و یا نوسازی سقف آن به شکل ناملموس و غریب پیش می‌رود (تصویر ۱ و ۲). لذا نویسندگان بر آن شده‌اند تا با مطالعه دقیق بنای گنبد کیبود مراغه و نیز گنجینه تزئینات اسلامی (گره چینی) که بر بنا افزوده شده است، در پی پاسخ این باشند که به چه شکل و چگونه گره در هندسه اسلامی را با کاربردهای سازه‌ای در معماری معاصر می‌توان توسعه داد. این پژوهش از جانب اینکه به دنبال الگوی سازی می‌باشد، گنبد کیبود مراغه را به عنوان نمونه موردی و طراحی (بازطراحی) سقف آن را به عنوان یک نمونه کاربرد سازه‌ای معاصر معرفی می‌کند. این تحقیق از این بابت اهمیت و ضرورت می‌یابد که الگوهای سنتی که متعلق به خود بنا می‌باشند توسط پژوهشگران مورد لطف قرار گرفته و سعی در برروزرسانی آنان از جنبه‌های متعدد می‌کنند، اما در حوزه کاربردهای داخلی توجه کمتری به آن گردید است. لذا در ادامه با توجه سوالات تحقیق و روش آن، مبانی نظری تبیین می‌گردد.

سوال و روش تحقیق

سوالات تحقیق عبارت‌اند از:

۱- گره و ویژگی‌های آن چیست، همچنین روش‌های ترسیم آن به چه نحو می‌باشد؟

۲- کاربرد گره در الگوی سازه‌ای سقف گنبد کیبود به چه شکل می‌باشد؟

این پژوهش به روش تاریخی- توصیفی و در قالب پژوهش‌های کاربردی صورت گرفته و شیوه‌ی گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. همچنین برای مدل سازی داده‌ها و تصویرسازی از نرم افزار راینو و افزونه گرسه‌پایر بهره‌گیری شده است.

مبانی نظری

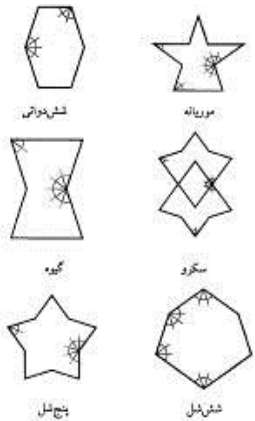
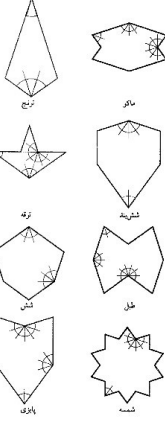
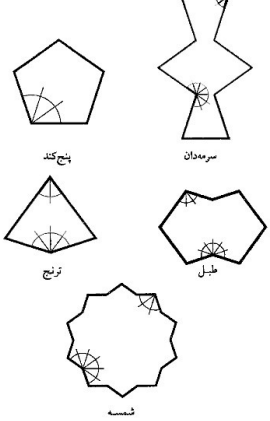
در ابتدا به توضیح و بست مطالب نظری در ارتباط با اصول گره‌سازی پرداخته می‌شود تا مشخص گردد به چه شکل می‌توان از این دانش در خصوص ترسیم‌های جدید، و در نهایت به کاربرد این اصول برای مقاصد معاصر دست یافت. در ادامه ابتدا گره و گره‌سازی معرفی می‌گردد، روش‌های ترسیم آن بیان

می‌شود. در مرحله بعد به منظور معاصر سازی الگوها، نشان داده می‌شود که گره چگونه از سطح به کره منتقل می‌شود و در نهایت با دانش پیش روی، به چه طریقی می‌توان طرحی پیشنهادی به عنوان نمونه موردی در نظر گرفت.

۱- نقوش هندسی (گره و گره چینی)

نقش هندسی، که اهل فن آن را «گره» می‌نامند، یک شاخه از هنر نقش پردازی اسلامی را تشکیل می‌دهد. گره بافت‌های گوناگونی از شکل‌های منظم هندسی است، بافت‌های پیچیده‌ای که همگی ترکیبی منظم و همگن دارند و می‌توانند از همه سو گسترش یابند بدون آنکه ترکیب هماهنگ آنها دستخوش تغییر شود (نویای و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰، ۱۷۶). هنر گره سازی از دامنه‌ای وسیع برخوردار است و استادان این هنر در ممالک مختلف اسلامی هر یک آن را با سلیقه قومی خود آمیخته و گره‌های بسیاری را در بناهای اسلامی به وجود آورده‌اند. گره چینی به طور کلی عبارت از قرار دادن آلات گره در ترکیبی هماهنگ و زیبا است. (زمرشیدی، ۱۳۶۵) واژه گره چینی به شکل ترکیبی آن در فرهنگ‌های فارسی تعریف نشده است. گره در لغت به معنی در هم پیچیدگی نخ و ریسمن و بند و چین و شکن و شکنج است. گره چینی که از ترکیب دو واژه «گره» و «چین» به وجود آمده است در لغت معنایی معادل پیچیدگی همراه با چین و شکن دارد. در تعریفی دیگر گره چینی عبارت است از ترکیبی هماهنگ از شکل‌های هندسی به هم پیچیده، موزون و جاذب که با استفاده از خط‌های راست شکل گرفته است (نجیب اوغلو، ۱۳۸۰: ۱۳۰).

جدول ۱. دسته بندی گره سنتی ایران از دیدگاه حسین لرزاده

شکل	تند	کند
		
<p>در گره شل از راس هر پنج ضلعی با زاویه ۱۸ درجه نسبت به ضلع پنج ضلعی رسم می‌شود.</p>	<p>در صورتی که مقدار زاویه داخلی آلت‌های گره کمتر از ۹۰ درجه باشد آن را تند می‌نامند.</p>	<p>زوایای آلت‌های گره کند که بر روی تصویر یک به یک مشخص شده‌اند در هر تقسیم معادل $360/10$ درجه یعنی $1/10$ دایره می‌باشد.</p>

(منبع: نگارندگان)

گره چینی ایرانی یکی از رشته‌ها و حرف سنتی است که به نقوش هندسی تکیه دارد و بیننده در اولین برخورد با این هنر، تحت تأثیر نظم آن قرار می‌گیرد. بنابراین ویژگی آن همان نظم هندسی و تعادل آن است. علت استفاده از اشکال هندسی خاص در گره چینی این است که رموز خاص را در اشکال هندسی خاص می‌دانند (کیانمهر و خزایی، ۱۳۸۵، ۳۸-۲۶). اشکال هندسی که توسط هنرمندان گذشته نام گذاری شده‌اند، معمولاً از طبیعت، حیوانات، پرندگان، اجرام آسمانی، اشیای کار روزانه و غیره برگرفته شده‌اند و به مرور زمان و نسل به نسل به کار برده شده تا به نسل حاضر رسیده است (سامانیان، ۱۳۷۸، ۸).

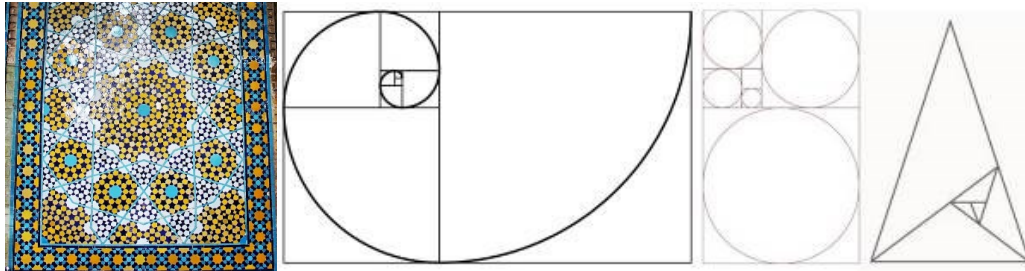
گره‌ها نوعی از تزئین معماری ایرانی هستند و براساس قاعده معینی با استفاده از خطوط مستقیم شکل می‌گیرند و آلت‌های گره را به وجود می‌آورند. گره روی کلیه سطوح مستوی و منحنی و با انواع مصالح مختلف از چوب و عاج و گچ و کاشی و آجر و سنگ به تنهایی یا مخلوط آنها قابل اجرا است (شعرباف، ۱۳۸۵، ۹). گره عبارت از اشکال مختلف غالباً هندسی است که به طور هماهنگ در یک کادر مشخص در کنار هم قرار گرفته باشند. هر زمینه گره یا به اصطلاح «آلات گره» مجموعه‌ای از اشکال هندسی است که به هریک از آنها آلت گره می‌گویند (زمرشیدی، ۱۳۶۵، ۵۵).

از خصوصیات بارز گره که موجب شده است در طول تاریخ هزار ساله خود زنده و پویا باشد، خاصیت زاینده و تنوع - پذیری آن است. چنانچه گفته شده است هفتاد و دو بطن دارد و از درون یکدیگر توانایی زایش و به وجود آمدن گره‌های نو را دارد (رئیس زاده و مفید زاده، ۱۳۸۴، ۱۴۱). هندسه مبنای مشترک همه فنون است و هیچ فنی نمی‌تواند بدون اتکا بر علم نسبت‌ها و تناسب‌ها به کمال لایق خود برسد (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹، ۲۵۶). مفهوم الگوهای هندسی سرشار از شکل‌ها و الگوها است. انسان سنتی این شکل‌ها را، به عنوان شخصیت اعداد، به صورت جنبه‌های گوناگون خالق درک می‌کند. این مفهوم به صورت عددی مبتنی بر تقارن و مطابقت در ابعاد، شکل و وضعیت نسبی جزءهای یک کلیت است. به این صورت مفهوم با فرآیندهایی جهانی که خصوصیت آن‌ها بسط در تمام جهات، بیکرانی و تقسیم پذیر بودن نامتناهی، ارتباط برقرار می‌کند (اردلان و بختیار، ۱۳۹۰، ۷۰).

تا کنون دسته بندی‌های متعددی از جانب پژوهشگران و حوزه هنر اسلامی معرفی گردیده است. استاد حسین لرزاده دسته بندی ارائه کرده است که به وسیله آن، گره به سه دسته کند، تند و شل را شامل می‌گردد (جدول ۱). نویسندگان دسته بندی استاد لرزاده را از بابت صاحب نظر بودن و شناخته شدن در بین این علم، به عنوان دسته این پژوهش برگزیده‌اند. با توجه به مطالب گفته شده، گره گنبد کبود در دسته کند و شل قرار می‌گیرد.

۱-۱- بررسی ویژگی‌های گره‌ها

در گره چینی، هر نقش گره از مجموعه‌ای از نقش‌های کوچک فراهم شده است. همه این نقش‌های کوچک در مجموعه‌ای به وحدت می‌رسند و نقشی یگانه و کلی را ارائه می‌دهند. رمز و راز زیبایی هنر گره چینی در مرزبندی آلت‌های گره با زمینه است. خط‌های مرزی باید مبتنی بر توازن و تقابل با رنگ زمینه باشند تا بتوانند نگاه را از کثرت نقش به وحدت طرح بکشانند. خلاقیت هنرمندانه در ایجاد تعادل و توازن در نقش گره در خط‌های مرزی نمایان می‌شود (امیر غیاثوند، ۱۳۸۲، ۳۰). راجر پنرز اولین فردی است که توانست الگوی تزیین‌های اسلامی را توضیح دهد. وی در یافت که با استفاده از زیر مجموعه‌ای از کاشی‌هایی که با اصول مشابهی تولید شده‌اند و مونتاژ آن‌ها بر اساس مجموعه‌ای از قواعد هماهنگ سازی از پیش تعریف شده می‌توان کاشی کاری‌های نامتناوب از سطح، یعنی الگوهایی تنها با تقارن موضعی ایجاد نمود که امکان پست و گسترش نامحدود آن‌ها بدون تکرار وجود دارد (Henry, ۲۰۰۷, ۸). این الگوها می‌توانند تا بی‌نهایت و بدون تکرارپذیری، الگوهای کوچک‌تری را بسازند که دارای تناسب طلایی هستند. نسبت طلایی بنابه یافته‌های فیثاغورث، گنگ خواهد بود، رقم دقیق آن ۱/۶۱۸۰۳۳۹۸۹ خواهد بود (تصویر ۴).

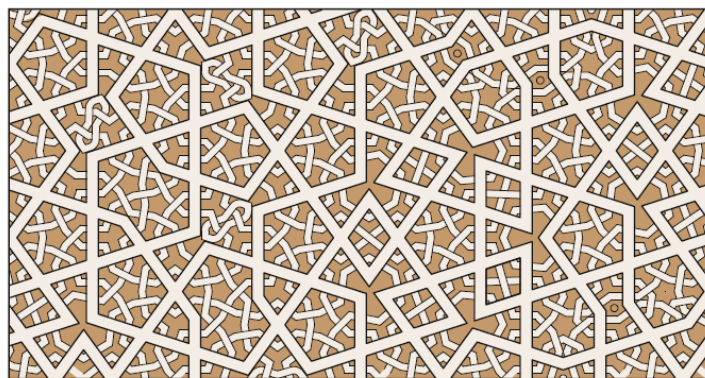


تصویر ۳. شاهگره مدرسه چهارباغ صفهان (منبع: نگارندگان)

تصویر ۴. تناسب طلایی و نحوه ارتباط آن با اشکال هندسی (منبع: نگارندگان)

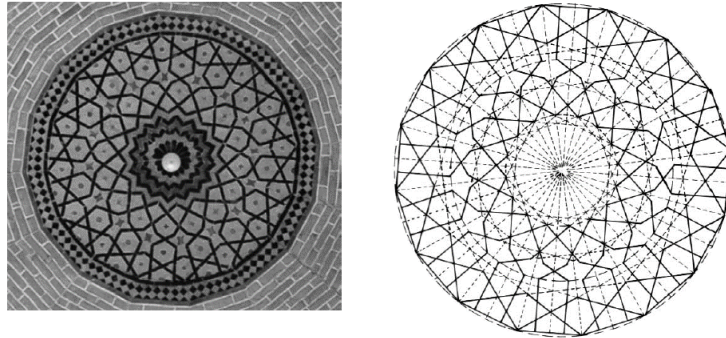
تناسبات طلایی به عنوان مثالی از مقیاس خودمتشابه، از دیرباز ابزار تناسب مناسبی برای معماران بوده است. تناسب طلایی، فرم یک مارپیچ گونه از مستطیل خودمتشابه را خلق می‌کند. حواس ما که از جریان خود متشابه طبیعت به تدریج تکامل یافته، خود متشابهی را در اشیای طراحی شده می‌پذیرد. تصویر شماره ۴، نشان میدهد که چگونه می‌توان پنج ضلعی حاوی پنتاگرام را برای ایجاد یک سلسله کاشی، تجزیه و تقسیم نمود. تمام این موارد مبتنی بر تناسب طلایی هستند و به همراه خانواده‌ای از اشکال که ارتباط بسیار نزدیکی دارند و از دکاگرام (شمسه) مشتق شده‌اند، برای پر کردن درز سطوح و ایجاد کاشی کاری‌های متقارن مورد استفاده قرار می‌گیرند (Henry, ۲۰۰۷, ۷).

پنرز توانست با در نظر گرفتن این پنج ضلعی‌ها، الگویی پنج‌تایی با شکلی بسازد که از آن به عنوان کایت و دارت نام برده می‌شود. در دسته بندی ارائه شده توسط وی، هر دسته می‌تواند حاوی تعداد مشخصی از کایت‌ها و دارت‌هایی باشد که می‌توانند تا بی‌نهایت و بدون تکرارپذیری، الگوهای کوچک‌تری از کایت‌ها و دارت‌ها را بسازند. هر چقدر تعداد این اشکال ریز افزایش پیدا کند، آن‌گاه نسبت کایت‌ها به دارت‌ها به نسبت طلایی می‌رسد (دکزی، ۱۳۸۸). خود متشابهی یکی از ویژگی‌های مربوط به استفاده از تناسب‌ها در الگوها همانند استفاده از اجزا و عناصر الگوهایی است که در مقیاس‌های مختلف تکرار می‌شوند. یکی از ویژگی‌های اساسی فرکتال‌ها و مهم‌ترین مورد برای درک موجود بین این تناسب‌ها و الگوها در دنیای طبیعی همین ویژگی است (تصویر ۵). هنری معتقد است:



تصویر ۵. خود تشابهی و فرکتال به کار رفته در تزئینات بیرونی گنبد کبود مراغه (Bonner, 2003)

الگوی تزیین‌های هندسی ایران از یک اصل جایگزین استفاده می‌کند که در آن اشکال خود متشابه به صورت بازگشتی به کبی‌های کوچکتر متناسبی از خود تجزیه می‌شوند. این طرح‌ها که به نام الگوهای گره شناخته می‌شوند، نشان دهنده تناسب موزونی بین عالم کبیر و صغیر و دارای قدرت تفکر فراوانی هستند» (۵) (Henry, ۲۰۰۷) (تصویر شماره ۳). ساختار هندسی روکاری داخلی گنبد‌های نشان می‌دهد که آن‌ها اطلاعاتی نیز از هندسه فضای سه بعدی ناقابلی داشته‌اند. این طرح‌ها به واسطه خود متشابهی، نشان می‌دهند که این هنرمندان به مفهوم هندسه فرکتال نیز واقف بودند (Sarhangi, ۹۶, ۱۹۹۹) (تصویر شماره ۶).



تصویر ۶. اجرای گره شل در داخل گنبد؛ نشان از دانش هندسه فضای سه بعدی ناقلیدسی (Sarhangi, ۱۹۹۹)

کریگ. کیلان الگوهای تزئین های اسلامی را با نرم افزارهای گرافیکی ترسیم کرده است. در تصویر شماره ۷، نحوه ترسیم الگویی را در یک n -ضلعی با تقارن دورانی می بینیم (Kaplan, ۲۰۰۲). وی تقارن، دوران و تکرار این الگوها را در تزئین های اسلامی بررسی کرده است. نحوه ترسیم دو الگوی گل و ستاره در تصویر شماره ۷ نشان داده شده است.



تصویر ۷. کاربرد گره بر روی سطوح کروی (Kaplan, ۲۰۰۴)

اکنون با توجه به مطالب ارایه شده در رابطه با برخی از الگوهای تزئینات اسلامی و نیز دسته بندی جدول شماره ۱، ویژگی هندسی گرهها در قالب جداول مورد بررسی قرار می گیرد تا در قسمت آتی به تحلیل این ویژگیها از دیدگاه هندسه فرکتال پرداخته شود. تاکنون گرهها در منابع مختلف از دیدگاه روش ترسیم مورد بررسی قرار گرفته اند، لیکن روش تحلیل مقاله در این قسمت از این جهت منحصر به فرد است که بررسی ویژگی گرهها بر اساس آلت های تشکیل دهنده گرهها صورت گرفته است.

۲- روش های ترسیم گره

روش ترسیمات گره های اسلامی محدود به اسناد و مکتوبات سنتی نمی شود. تجربیات شرق پژوهی محققان غربی در ابتدایی سده بیستم نیز مجموعه ای ترسیماتی از الگوی گره های هندسی فراهم ساخته است. این تلاش ها و گردآوری ها به منظور شناخت و فهم گره های اسلامی، به دلیل عدم توانایی محققان غربی در درک بی واسطه سنت معماری شرق، معطوف به کشف دویارهای اسرار نهفته در ترسیم الگوها و اصطلاحا باز اختراع این الگوها شده است. به این ترتیب در حال حاضر می توان پژوهش های محققان غربی را به عنوان دیگر استاد مربوط به گره های اسلامی دانست.

۱-۲- هانکین

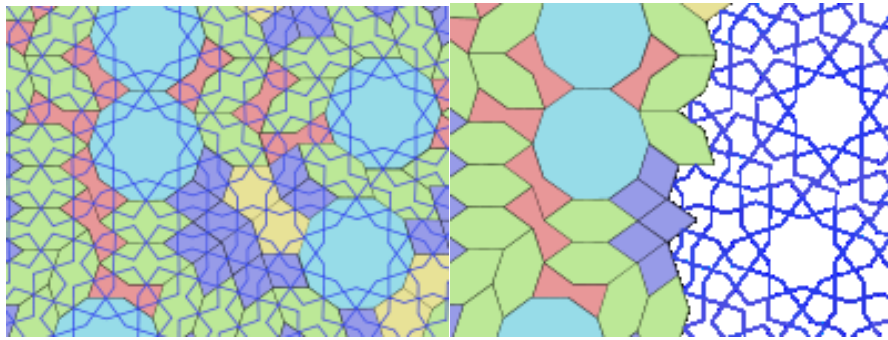
اولین پژوهش های غربی درباره ی گره های اسلامی را می توان در آثار هانکین جست و جو نمود. «ارنست هانبری هانکینه باکتری شناس و طبیعی دان انگلیسی در اواخر سده نوزدهم میلادی به منظور شناخت و درمان بیماری های واگیردار در هندوستان ساکن شد. وی در طول اقامت خود به جمع آوری اسناد و باز ترسیمات این الگوها پرداخت. وی پس از بازگشت به انگلستان در سال ۱۹۲۵ دست آوردهای خود را در قالب کتابی با نام «ترسیمات الگوهای هندسی در هنر عربی (۱۹۲۵) منتشر ساخت. هانکین در بررسی های خود با کشف شبکه ای هندسی در پس زمینه یک نمونه گره نتیجه می گیرد که روش ترسیم این الگوها بر اساس ترسیم شبکه ای از چندضلعی های در تماس به عنوان راهنما است که گره از تداخل و برخورد شعاع های اخراجی از اضلاع این چندضلعی ها حاصل می گردد. بدین ترتیب سطح به وسیله ی این روش به یک الگوی هندسی پیچیده تبدیل می گردد و در پایان شبکه ی زیرین چندضلعی ها محو می گردد» (Hankin, 1925).

۲-۲- لی

ای.جی. لی (۱۹۸۷) از پژوهشگرانی است که با بررسی تحقیقات صورت گرفته توسط هانگین و دیگران در موضوع ترسیم گره های اسلامی و با درک این نکته که نظریه ی جامع و کاملی در رابطه با روش ترسیم الگوهای هندسی اسلامی ارائه نشده است؛ تلاش می کند تا یک صورت بندی ابتدایی از نحوه ی ساخت اجزای شکل دهنده ی گره های اسلامی بر اساس روابط هندسی ارائه دهد. بدین منظور وی بدون درگیر شدن در موضوع نحوه ی پوشاندن یک سطح، دو جزء متداول و موجود در گره ها، یعنی ستاره و رز را تعریف کرده و نحوه های تولید این دو جزء را شرح می دهد.

«ستاره» در اصطلاح لی یکی از اصلی ترین عناصر الگوهای هندسی می باشد که از اتصال رئوس n ضلعی های منظم به دست می آید. ستاره ها بر اساس نحوه اتصال رئوس می توانند حالات مختلفی به خود بگیرند برای مثال هشت ضلعی منظم می تواند شش حالت ستاره - به ترتیبی که در شکل آمده است. تولید کنند. رز

را نیز بر اساس تعریف می‌توان ستاره‌هایی n پر دانست که به وسیله n عدد شش ضلعی غیر منتظم احاطه شده است. به این ترتیب لی (۱۹۸۷) توسعه‌ای در روش چندضلعی‌های در تماس به وسیله‌ی پر کردن الگوهای زیربنایی با ستاره‌ها و رزها می‌دهد (تصویر ۸). (Lee, 1987)



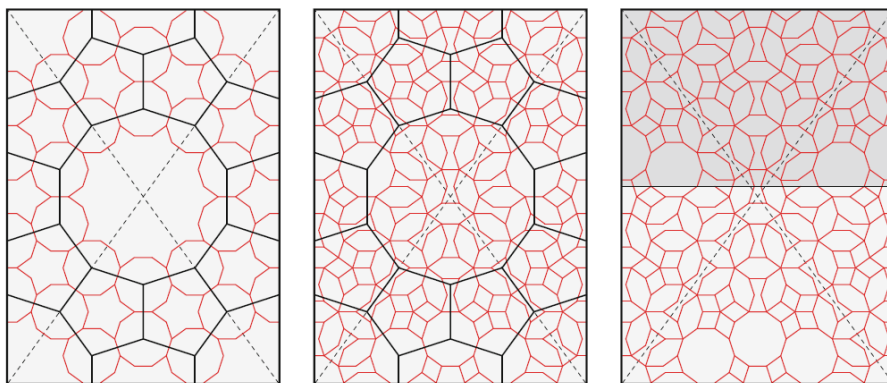
تصویر ۸. ترسیم گره از طریق روش پیتر لو (Lu, 2007)

۲-۳- کاپلان

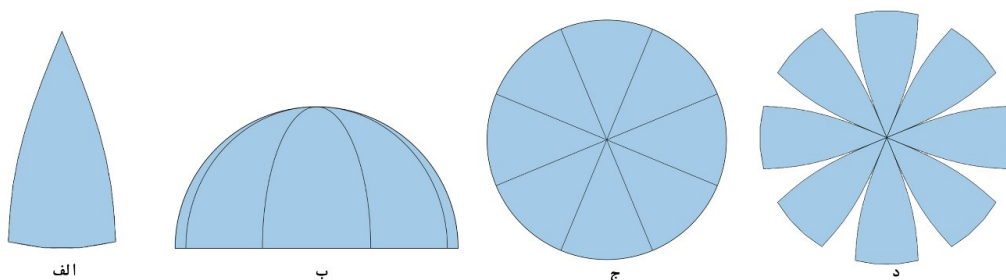
کریگ کاپلان در نخستین پژوهش خود (2000)، الگویی محاسباتی را بر پایه‌ی تلاش‌های پیشین لی ارائه می‌دهد که بر اساس آن «شبکه‌ی چندضلعی‌های در تماس» به وسیله‌ی عناصر پارامتریک ابداعی لی یعنی ستاره و رز، به الگوی گره تبدیل می‌شود. به این ترتیب کاپلان با بهره‌گیری از این روش به تولید الگوی گره‌های تکرار شونده‌ی مختلف بدون توجه به بستر قرار گیری گره می‌پردازد. کاپلان (۲۰۰۵) در پژوهشی دیگر به توسعه و صورت بندی روش دیگری برای استخراج هندسه‌ی گره‌های اسلامی که وی آن را «الگوهای ستاره‌ای اسلامی» می‌نامد، می‌پردازد که بر پایه‌ی روش «چندضلعی‌های در تماس» بر اساس آنچه پیش‌تر هانکین، بورگون، گرانباوم و شپرد در آثارشان ارائه کرده‌اند، بنا شده است. در این روش ابتدا برای تقسیم سطح، یکی از نقطه‌ی میانی هر کدام از اضلاع چند ضلعی‌های منتظم و غیر منتظم، دو شعاع با زاویه‌ی θ و (زاویه تماس) نسبت به ضلع مفروض اخراج می‌شود، شعاع‌های خارج شده از اضلاع مجاور تا برخورد با یکدیگر امتداد می‌یابند. به این ترتیب با حذف شبکه‌ی زیرین، الگوی هندسی پیچیده‌ای حاصل می‌شود که با تغییر در مقدار زاویه θ و نیز ایجاد فاصله میان شعاع‌های استخراج شده، توسعه‌ای گسترده و متنوع در روش چندضلعی‌های در تماس برای تولید الگوهای هندسی اسلامی ایجاد می‌نماید. در این توسعه ترسیم گره همچنان مستقل از هندسه‌ی بستر طرح می‌باشد (Kaplan, 2000; 2004; 2005).

۲-۴- بونر

بونر (۲۰۰۳) پس از دسته‌بندی گونه‌شناسانه‌ی گره‌های موجود در سنت گره سازی در سرزمین‌های اسلامی با اعتماد به این که تنها با استفاده از روش چند ضلعی‌های در تماس می‌توان به ترسیم گره‌های اسلامی دست یافت، به ارائه‌ی روشی برای طراحی هر کدام از گونه‌ها می‌پردازد. وی با خرد کردن چند مرحله‌ای گره‌های ترسیم شده به روش چند ضلعی‌های در تماس (مشابه مفهوم ستی گره در گره)، آن‌ها را به نمونه‌های واقعی نزدیک می‌سازد (تصویر ۹). بونر بر خلاف کاپلان به دلیل ساخت نمونه‌های اجرا شده در معماری سرزمین‌های اسلامی، به تفاوت نمونه‌های تولید شده توسط روش چندضلعی‌های در تماس و نمونه‌های اجرا شده در سنت معماری واقف است، به همین دلیل می‌کوشد این تمایز را با ارائه‌ی روش خرد کردن گره بر طرف سازد (تصویر ۱۰). (Bonner, 2003; 2017).



تصویر ۹. روش چند ضلعی‌های در تماس برای رسم گره گنبد کبود مراغه (Bonner, ۲۰۱۷)

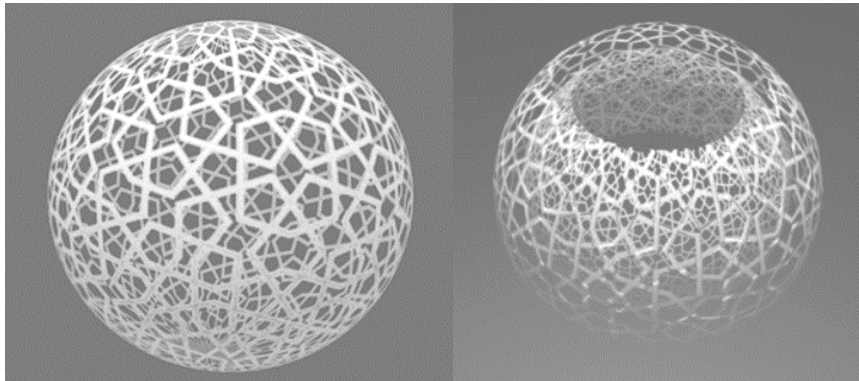


تصویر ۱۰. یکی از روش‌های اجرای گره بر روی سطوح کروی (Bonner, ۲۰۱۷)

۳- روش‌های انتقال

۳-۱- چند زمینه‌گی

بررسی ارائه شده در بخش ۲ نشان می‌دهد که یکی از وجوه تمایز روش‌های سنتی و معاصر را می‌توان در توجه هر روش به زمینه‌ی گره دانست. در روش سنتی ترسیم گره بر مینای بستر یا همان از مینای گره شکل می‌یابد و به جای آن که الگوی هندسی در فضای بی‌کران هندسه مسطح تولید شود و سپس در هر زمینه‌ای با بریدن و مناسب سازی به کار رود، گره از آغاز برای زمینه و با استفاده از قواعد هندسی اعمال شده بر هندسه زمینه شکل می‌گیرد. تفاوت دیگر گروه‌های سنتی و امروزی در تولید نمونه‌های متنوع و کامل گره است. در تلاش‌های ترسیماتی جالیاد، عدم پاسخ‌گویی روش‌های امروزی برای ترسیم تمامی الگوهای سنتی گره و تولید آلات شناخته شده آن مشهود است (Castera ۲۰۱۱). این دو تفاوت زمانی بیشتر خود را آشکار می‌سازد که با نمونه‌هایی از گره‌سازی‌های سنتی اسلامی به نام گره‌های چند زمینه یا دست‌گردان و به طور خاص در زمینه‌های غیر مسطح مواجه می‌شویم (تصویر ۱۱).

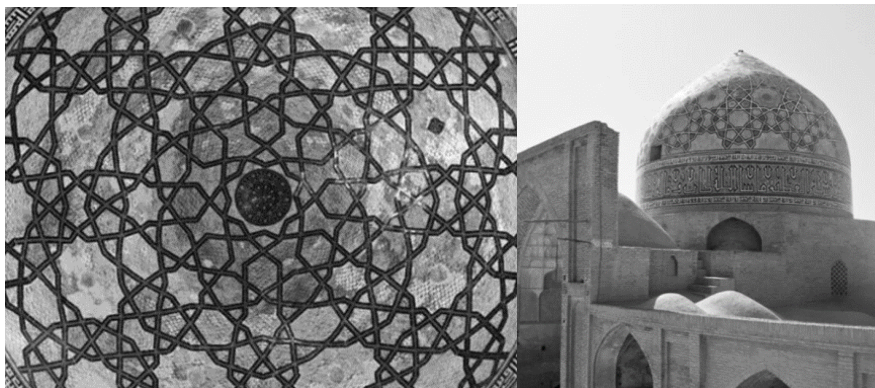


تصویر ۱۱. امکان سنجی اجرای گره گنبد کبود بر روی کره (سمت چپ) و اجرای گره دولایه (سمت راست) (منبع: نگارندگان)

۳-۲- چند زمینه‌گی در گره سنتی

در سنت گره‌سازی اسلامی به گره‌هایی که انواع شمشه را در خود ایجاد می‌کنند، گره‌های چند زمینه یا دست‌گردان گفته می‌شود. گره تک زمینه فراخور زمینه‌ای که هندسه‌ای یکتا و ساده دارد ترسیم می‌شود و به لحاظ هندسی نیز تنها یک نوع شمشه ایجاد می‌کند اما گره چند زمینه به دلیل امکان تطبیق بر هندسه بسترهای پیچیده با تشکیل چند شمشه متفاوت در خود سعی در انطباق با زمینه پیچیده خود دارد. معماران به منظور پوشش زمینه‌های پیچیده با آلت‌های گره‌سازی، با حفظ اصول گره‌سازی و رعایت اصل بهره‌برداری از آلات سنتی گره‌ها، شمشه‌هایی با شماره‌های هندسی گوناگون را باهم ترکیب کرده و موفق به طراحی گره‌های پیچیده و گاه با حضور بیش از شش شمشه متفاوت در یک زمینه شده‌اند که به دلیل برخورداری بیشتر این بسترها از هندسه‌های کامل، تاکنون کمتر توجهی به ظرفیت‌های خاص گره‌سازی دست‌گردان در منطبق سازی و خصوصی سازی الگوی گره برای بسترهای مختلف شده‌است.

بر اساس مطالعات جدید (کسرای و نوریان، ۱۳۹۲) گره‌سازی سنتی بر سطوح غیر مسطح داخلی و خارجی گنبد‌ها در سنت گره‌سازی جهان اسلام، با استفاده از روش‌های دست‌گردان به تولید گره‌هایی چند زمینه منجر شده‌است که بر مبنای تغییرات انحنا سطح در مقطع آن، با تغییر شماره شمشه‌ها و افزایش و کاهش هدفمند عدد آن‌ها، از «میزان فضایی» یکسان در کل سطح گره‌سازی شده برخوردار باشند. به عبارتی دیگر ساختار این گره‌های چند زمینه با انحنا و تغییرات انحنا بستر آن‌ها در تناسب است. از عالی‌ترین نمونه‌های این نوع گره‌سازی سنتی در جهان اسلام، می‌وان به گره طراحی شده بر گنبد مسجد جامع در ساوه قرن ۴ و ۵ ه.ق (تصویر ۱۲)، گنبد بقعه شاه نعمت‌الله ولی در ماهان کرمان قرن ۹ ه.ق، گنبد مسجد سلطان اشرف بارسبی و مسجد سلطان قایتبای در قاهره به قرن ۹ ه.ق؛ و از میان سطوح داخلی گنبد‌ها به سطوح داخلی گنبد مسجد جامع ساوه و مسجد جامع در یزد اشاره کرد.



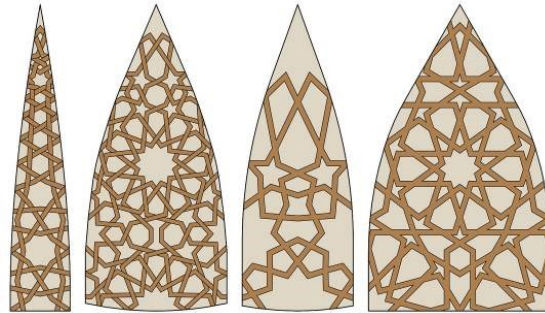
تصویر ۱۲. گره روی گنبد (سمت راست) و گره زیر گنبد (سمت چپ) مسجد جامع ساوه (آرشیو نگارندگان)

هندسه بسترهای پیچیده با تشکیل چند شمشه متفاوت در خود سعی در انطباق با زمینه پیچیده خود دارد. معماران به منظور پوشش زمینه‌های پیچیده با آلت‌های گره‌سازی، با حفظ اصول گره‌سازی و رعایت اصل بهره‌برداری از آلات سنتی گره‌ها، شمشه‌هایی با شماره‌های هندسی گوناگون را باهم ترکیب کرده و موفق به طراحی گره‌های پیچیده و گاه با حضور بیش از شش شمشه متفاوت در یک زمینه شده‌اند که به دلیل برخورداری بیشتر این بسترها از هندسه‌های کامل،

تاکنون کمتر توجهی به ظرفیت‌های خاص گره سازی دست گردان در منطبق سازی و خصوصی سازی الگوی گره برای بسترهای مختلف شده‌است. بر اساس مطالعات جدید (کسرابی و نوریان، ۱۳۹۲) گره سازی سنتی بر سطوح غیر مسطح داخلی و خارجی گنبد‌ها در سنت گره سازی جهان اسلام، با استفاده از روش‌های دست گردان به تولید گره‌هایی چند زمینه منجر شده است که بر مبنای تغییرات انحنای سطح در مقطع آن، با تغییر شماره شمشه‌ها و افزایش و کاهش هدمند عدد آن‌ها، از «میزان فضایی» یکسان در کل سطح گره سازی شده برخوردار باشند. به عبارتی دیگر ساختار این گره‌های چند زمینه با انحنا و تغییرات انحنای بستر آن‌ها در تناسب است. از عالی‌ترین نمونه‌های این نوع گره سازی سنتی در جهان اسلام، می‌توان به گره طراحی شده بر گنبد مسجد جامع در ساوه قرن ۴ و ۵ ه.ق. (تصویر ۱۲)، گنبد بقعه شاه نعمت الله ولی در ماهان کرمان قرن ۹ ه.ق. گنبد مسجد سلطان اشرف بارسبی و مسجد سلطان قایتبای در قاهره به قرن ۹ ه.ق؛ و از میان سطوح داخلی گنبد‌ها به سطوح داخلی گنبد مسجد جامع ساوه و مسجد جامع در یزد اشاره کرد.

۳-۳ - چند زمینه‌گی و گره مدرن

توجهات بونر و تلاش‌های بوندر در سال‌های اخیر برای ترسیم گره‌های چند زمینه نشان از فهم اهمیت و همچنین عدم پاسخ‌گویی تحقیقات پیشین در صورت بندی گره‌های چند زمینه دارد. حتی پژوهشگران معاصر نیز در سال‌های اخیر به ترسیم گره‌ها بر روی بسترهای غیر مسطح توجه کرده‌اند؛ و سالسین (۲۰۰۶) با درک این موضوع که ترسیم گره‌ها برای سطوح منحنی روش‌های مختص به خود را دارند کوشش‌هایی برای توسعه‌ی روش خود به منظور ترسیم گره بر روی سطوح غیر مسطح دارند و موفق به صورت بندی روشی برای گستراندن الگوی گره‌های تک شمشه‌ای بر روی سطح کروی شده‌اند (تصویر ۱۳).

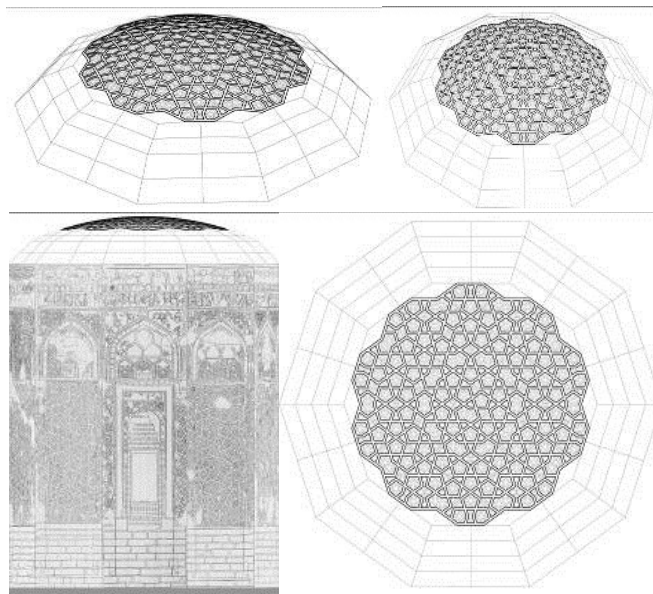


تصویر ۱۳. اجرای گره بر روی قطاع مختلف از گره برای ایجاد خیزهای مختلف (Bonner, ۲۰۱۷)

با توجه به مطالب ارائه شده و امکان سنجی اجرای گره از هر رو طریق شیوه سنتی و مدرن، انتخاب روش به صورت تلفیقی می‌باشد. به این ترتیب که ابتدا گره به صورت مدرن بر روی گره اجرا می‌شود. سپس در مرحله بعد به شیوه سنتی ترک بندی می‌شود و با توجه به خیز و تناسبات دلخواه طرح، قطاع مناسب از گنبد به دست می‌آید (تصویر ۱۳).

طرح پیشنهادی: گنبد برج آرامگاهی کبود در مراغه

در این پژوهش با استفاده از روش ترسیم چند زمینه‌گی و گره مدرن سعی در ابداع حجم‌های کروی جهت کاربرد معمارانه در فضا داریم. با توجه به مطالعات انجام یافته و روش‌یابی مناسب، الگوریتمی نوشته شده‌است که فرم گنبد و نقوش به صورت متغیر قابل تغییر می‌باشد. به دلیل عدم موجود بودن سند مشخص از اثبات وجود گنبد و نحوه فرم آن، متغیر فرم با اصول زیبایی‌شناسی و خوانایی با کلیات بنا تثبیت گردید. همچنین وجود اولین شکل‌های گره‌های دولایه (شاه‌گره) عامل اصلی در دو پوسته بودن گره می‌باشد. ابتدا به وسیله نرم افزار، متغیرها تعریف گردیده، و جانمایی می‌گردند (شکل ۱۴).



تصویر ۱۴. سقف طراحی شده با فرآیند چند زمینه‌گی و خیز متناسب با تناسبات بنا (پایین)؛ اجرای لایه دوم در سقف، مشابه گره نما (بالا) (منبع: نگارندگان)

نتیجه‌گیری

بررسی جمله روش‌های سنتی و معاصر طراحی گره‌های هندسی نشان می‌دهد که میان روش‌های سنتی و پژوهش‌های معاصر اختلاف‌هایی در رویکرد و روش طراحی وجود دارد. روش‌های سنتی طراحی گره‌های هندسی در تفاوتی عمده با یافته‌های پژوهشگران غربی بر هندسه و ویژگی‌های بستر طراحی گره تکیه دارند. این گره‌ها با به کارگیری اصول دست‌گردانی از سوی معمار سنتی، به صورت چندزمینه و در تناسب با شکل هندسه بستر طراحی می‌شوند. با بررسی‌های انجام گرفته نگارندگان به امکان سنجی اجرای گره مدرن بر روی کره پرداختن و در نهایت مشاهده گردید که استفاده از یک روش ایده آل فرآیند طراحی نمی‌باشد. کاربست گره بر روی سطوح منحنی در صورتی که روش‌های سنتی و روش‌های معاصر در کنار هم قرار گیرد، نتیجه مطلوب را ارائه می‌کند.

تفاوت موجود میان نمونه‌های سنتی و الگوهای معاصر در طراحی گره‌های اسلامی بر سطوح منحنی نظیر سطوح داخلی و خارجی گنبد، بیش از سطوح تخت خودنمایی می‌کند که نمونه‌های گنبد‌های سنتی و گزیده پژوهش‌های معاصر در نگاشت الگوهای گره بر سطوح کروی مویید این ادعاست. توجه به رویکرد چندزمینی و تدوین الگوی دست‌گردانی می‌تواند توسعه معاصر گره‌های اسلامی اصیل را رقم بزند که به نتایجی متفاوت و کامل‌تر از نمونه‌های باز اختراع شده توسط پژوهشگران غربی در چند دهه اخیر منجر خواهد شد و در توصیف نیز جواب گوی پهنه‌ی وسیع‌تری از گنبد‌های اسلامی خواهد بود. همان‌طور که مشاهده گردید با سیر مطالعه بنای کهن گنبد کبود و همچنین دانش نحوه انتقال گره از سطح به کره، می‌تواند به طراحی سازه‌ها و ترئیناتی جدید در معماری معاصر منجر شود و صرف تکرار المان‌های سنتی نتیجه مطلوب و ایده‌آلی در معماری امروزه ندارد.

فهرست منابع و مآخذ

۱. امیر غیاثوند. محبوبه. (۱۳۸۲)، هنر گره چینی در معماری، موسسه فرهنگی تگوک زرین، چاپ اول
۲. رئیس زاده، مهناز و حسین مفید، (۱۳۸۳). احیای هنرهای از یادرفته (مبانی معماری سنتی در ایران به روایت استاد حسین الرزاده)، انتشارات مولی، تهران
۳. زمرشیدی، حسین، (۱۳۶۵)، گره چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی مرکز نشر دانشگاهی، تهران
۴. سامانیان، صمد، (۱۳۸۷)، هندسه نقوش اسلامی، آموزش‌های فنی و حرفه‌ای رسمی، مؤسسه فرهنگی هنری شقایق روستا، تهران
۵. فارابی، ابونصر محمدبن محمد. (۱۳۶۴)، احصاء العلوم ترجمه حسین درویشی، انتشارات علمی و فرهنگی، تهران
۶. فلامکی، منصور. (۱۳۸۱)، ریشه‌ها و گرایش‌های نظری معماری، نشر فضا، مؤسسه علمی و فرهنگی قضا، تهران
۷. قبادیان، وحید، (۱۳۸۲)، مبانی و مفاهیم در معماری معاصر غرب، چاپ اول، انتشارات دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران
۸. کیانمهر، قباد و محمد خزایی، (۱۳۸۵)، مفاهیم و بیان عددی در هنر گره چینی صفوی، کتاب ماه هنر، فروردین و اردیبهشت
۹. نجیب اوغلو، گلو (۱۳۸۰). هندسه و تزیین در معماری اسلامی، ترجمه مهرداد قیومی بیدهندی، انتشارات روزبه، تهران ۲۸
۱۰. نصر، سید حسین، (۱۳۶۶)، علم در اسلام، ترجمه احمد آرام سروش، تهران
۱۱. نصر، سید حسین، (۱۳۷۵)، هنر و معنویت اسلامی، ترجمه رحیم قاسمیان، دفتر مطالعات دینی هنر، تهران
۱۲. نوایی، کامبیز، (۱۳۸۳)، نکاتی پیرامون نقوش اسلامی کنگره تاریخ معماری و شهرسازی، جلد دوم
13. Abas, S.J. and A.S. Salman. 1992. Geometric and group theoretic methods for computer graphics studies of Islamic symmetric patterns: Computer Graphics Forum (11): 43–53.
14. Bodner, Lynn. 2011. A Nine- and Twelve-Pointed Star Polygon Design of the Tashkent Scrolls. In Bridges conference proceedings Coimbra, 147-154. Portugal: The Bridges Organization.
15. Bonner, J., 2017. Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Methods of Construction. Springer.
16. Bonner, Jay. 2003. Three Traditions of Self-Similarity in Fourteenth and Fifteenth Century Islamic Geometric Ornament. In Bridges conference proceedings, 1-12. Granada, Spain: The Bridges Organization
17. Bourgojn, Jules. 1973. Arabic Geometrical Pattern and Design. Mineola, New York: Dover Publications. Castera, Jean-Marc. 2011. Flying Patterns. In Bridges conference proceedings, 263-270. Coimbra, Portugal: The Bridges Organization.
18. Dunham, Douglas. 2010. Hyperbolic Vasarely Patterns. In Bridges conference proceedings, 347-352. Pecs, Hungary: The Bridges Organization.
19. Eves, Howard Whitley. 1990. An Introduction to the History of Mathematics (6th ed). London: Brooks Cole.
20. Grunbaum, Branko, and Samuel Shephard. 1992. Interlace patterns in Islamic and Moorish art. Leonardo 25 (3-4): 331-339.
21. Hankin, Ernest Hanbury. 1936. Some difficult Saracenic designs III. The Mathematical Gazette 20 (241): 318-319.
22. Hankin, Ernest Hanbury. 1925. The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art. Archaeological Survey of India 15.
23. Kaplan, Craig S. 2000. Computer Generated Islamic Star Patterns. In Bridges conference proceedings, 105-112. Winfield, Kansas, USA: The Bridges Organization.
24. Kaplan, Craig S. 2005. Islamic Star Patterns from Polygons in Contact. In Proceedings of the Graphics Interface 2005 Conference.
25. Kaplan, Craig S. and Salsin, David H. 2004. Islamic Star Patterns in Absolute Geometry. ACM Trans. Graph, 23 (2): 97-119.
26. Lee, J.A. 1987. Islamic Star Patterns. Muqarnas 4: 182-197.
27. Lu, P.J. and Steinhardt, P.J., 2007. Decagonal and quasi-crystalline tilings in medieval Islamic architecture. Science, 315(5815), pp.1106-1110.
28. Sarhangi, Reza. 2012. Polyhedral Modularity in Special Class of Decagram Based Interlocking Star Polygons. In Bridges conference Proceedings, 165-174. Maryland: The Bridge Organization.