فصلنامه علمی دانشگاه الزهرا(س) زمینهٔ انتشار: هنر
سال ۱۵، شماره ۳، پاییـــــز ۱۴۰۲
http://jjhjor.alzahra.ac.ir
مقاله پژوهشی، ص ۱۰۵-۹۳

بازخوانی خانواده‌های گره بر اساس لایه پنهان در ساختار پایه[1]

عارف عزیزپور شوبی [2]
احد نژاد ابراهیمی [3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

چکیده

گره‌ها الگوهای هندسی منطبق بر قواعد ریاضیات هستند که در عین پای‌بندی به قواعد ریاضی دارای ساختاری انعطاف‌پذیر برای تنوع در طراحی هستند. این انعطاف‌پذیری از آن‌جا شکل می‌گیرد که، گره‌هایی که از یک ساختار واحد مشتق می‌شوند می‌توانند به طرح‌های مختلف در خانواده‌های الگوی‌شان تقسیم شوند. دسته‌بندی خانواده‌های گره بر اساس زاویه بین خطوط شمسه تعیین می‌شود که تند، واسطه، کند و شل را شامل می‌شود. علی‌رغم این‌که مطالعات انجام یافته نشان می‌دهند در دسته‌بندی‌های مذکور، تقسیم‌بندی خانواده‌های گره، متکی بر واحد ۳۶ درجه هستند؛ اما این زاویه در همه گره‌ها صدق نمی‌کند و گره‌های متمایزی وجود دارند که واحدهای زوایای خانواده گره در آن‌ها متمایز است. هدف این پژوهش، بررسی خانواده‌های گره بر اساس شناخت ساختارهای هندسی آن‌ها و یافتن ارتباط بین زوایا در خانواده‌های مختلف و ساختار گره‌ها است؛ تا به این پرسش‌ها پاسخ دهد: ۱) علت تنوع زوایای بین خطوط شمسه -که سبب دسته‌بندی گره‌ها در انواع خانواده‌های الگو می‌شود- چیست؟ و ۲) این پیمون‌بندی زوایا بر اساس چه ساختاری انتظام می‌یابد؟ این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و با گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای کار شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهند: تنوع‌پذیری در خانواده‌های الگو ارتباط مستقیمی بین موزاییک‌کاری مولد پایه و خانواده‌های‌شان دارد؛ و بر اساس پیمون‌بندی به‌واسطه نقاط میانی اضلاع چندضلعی اصلی در موزاییک‌کاری مولد پایه شکل می‌گیرد، زاویه خانواده‌های گره تعیین می‌شود که این پیمون‌بندی بر اساس نقاط میانی با تقسیم شعاعی دایره رابطه برقرار می‌کند.

واژه‌های کلیدی: گره‌چینی، موزاییک‌کاری مولد، تند، واسط، کند، شل.

1-DOI: 10.22051/JJH.2023.42569.1911

۲- دانشجوی دکتری معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران. a.azizpour@tabriziau.ac.ir
۳-استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، نویسنده مسئول. ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir

مقدمه

فرهنگ و هنر، دو مقوله خاص هستند که بر یک دیگر تاثیر می‌گذارند (مومنی و مسعودی، ۱۳۹۵: ۶۸). یکی از مهم‌ترین مسایلی که در فرهنگ‌های مختلف به طور خاص دنبال شده است، الگوهای تزیینی است. از کهن‌ترین آثار به‌جامانده می‌توان فهمید که آرایه‌های هندسی بخش مهمی از فرهنگ انسانی را تشکیل می‌دادند و در طول زمان توسعه یافتند و پیشرفته‌تر شدند. یکی از شاخه‌های هندسه که در معماری بسیار کاربرد داشت و مستقیماً زیبایی‌شناسی معماری ایرانی-اسلامی را تحت تاثیر قرار داد، گره است. هر فرهنگ با توجه به زمینه‌هایش الگوهای تزیینی خاص خود را برگزید و آن را توسعه بخشید. «هنرهای تزیینی در شیوه‌های مختلف در جهان اسلام ظهور یافته‌اند که گره‌ها، یکی از کامل‌ترین و پیچیده‌ترین آن‌ها هستند که بخش مهمی از هنرهای فرهنگ‌های جهان اسلام را تشکیل می‌دهند که وابسته به قواعد کاشی‌کاری در علوم ریاضی هستند که در طی زمان توسعه یافته‌اند. هندسه کاشی‌کاری نقش اصلی را در هنر اسلامی ایفا می‌کند» (Kappraff, 2001: 168). کاشی‌کاری می‌تواند مشی ریاضی بسیار پیچیده‌ای نمایش دهد، این توالی پیوسته از این تفصیل است که یک کاشی‌کاری باید مستلزم یک انتزاع ریاضی باشد. حقیقتی که یک مجموعه مشخص چندضلعی‌ها یک کاشی‌کاری صفحه همیشه از طریق سطح استدلال قوی به‌جای محسوب کردن بی‌نهایت تک کاشی‌کاری بنیان می‌گیرد (Bonner and Kaplan, 2017: 553). گره‌ها در زمینه‌ای توسعه یافته‌اند که علاقه به ریاضیات وافر بود، و این الگوها پیوندی بین ریاضیات و زیبایی‌شناسی هستند (Khamjane et al, 2019: 507). این زیبایی شناسی یک بیان انتزاعی از طبیعت است که تصویرسازی مستقیم از آن‌ها برای تزیین بنا در اصول فرهنگ اسلامی نفی شده بود؛ هرچند که بعدها به این محدودیت پای‌بند نماندند و با نفوذ نقش‌مایه‌های مغولی تزیینات اسلیمی به وفور در تزیین بنا به‌کار گرفته شد. «از مدارک اندکی که از گذشته باقی مانده، می‌توان فهمید که طراحان گره‌های به‌جای مانده بر سطوح بناهای تاریخی به دانش بالای از هندسه عملی تسلط داشتند، هرچند که آن‌ها هیچ تلاشی برای نشان دادن صرف ریاضی یا پایه‌گذاری تئوری ریاضی برای طرح‌های خودشان نداشتند» (Sarhangi, 2012: 198). تزیین برتر هندسی در ایران چیز دیگری است که نمی‌توان صرفاً آن را محصول کار صنعتگران شمرد، بلکه نمونه‌های پخته‌تر آن قطعاً محصول کاربرد مستقیم نظام‌های ریاضی است (نجیب اوغلو به نقل از پوپ، ۱۳۷۹: ۹۲). ساختار مبتنی بر اصول ریاضی گره‌ها توجه بسیاری در جهان از جمله محققان معاصر را به خودش جلب کرده است. پای‌بندی به اصول ریاضی از جمله قواعد هندسی سبب عدم تنوع و یک‌سانی در طرح و ساختار نشده است؛ بلکه هنرمندان دوره اسلامی الگوهای هندسی را به سطح بالایی از تنوع در طرح و ساختار رسانده‌اند. یکی از ساختارها که در دسته‌بندی گره‌ها بسیار شناخته شده است، دسته‌بندی گره بر اساس خانواده‌شان است که شامل تند، واسطه، کند و شل را شامل می‌شود. این دسته‌بندی بر اساس زاویه بین خطوط شمسه است که کل گره را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اما مساله این است که، همه گره‌ها تابع یک زاویه خاص بین شمسه نیستند. هرچند اغلب متخصصان این حوزه، دسته‌بندی گره‌ها را بر اساس خانواده؛ گره‌های تند را پیرو زاویه ۳۶ درجه، واسطه را ۷۲ درجه، کند را ۱۰۸ درجه و شل (دو-نقطه‌ای) معرفی می‌کنند؛ که به‌نظر می‌رسد تکیه بر این دسته‌بندی در بین اکثر پژوهشگران به دلیل فراوانی آن‌ها باشد. با این حال همه گره‌ها تابع زوایای معرفی شده در خانواده‌های گره نیستند. در مقابل گره‌های وجود دارند که زوایای آن‌ها در بین زوایای ۳۰ درجه، ۶۰ درجه، ۹۰ درجه و شل هستند و یا در دسته ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ درجه و شل قرار می‌گیرند. پاسخ به این پرسش‌ها: ۱) علت تنوع زوایای بین خطوط شمسه -که سبب دسته‌بندی گره‌ها

در انواع خانواده‌های الگو می‌شود- چیست؟ و ۲) این پیمون‌بندی زوایا بر اساس چه ساختاری انتظام می‌یابد؟ می‌تواند راه را برای شناخت عمیق‌تر گره‌ها و توسعه آن‌ها به‌عنوان یک عنصر هویت‌بخش در معماری جهان اسلام بگشاید. هم‌چنین، از آن‌جا که روش‌های ترسیم گره و نام‌گذاری آن‌ها در نزد استادان سنتی به صورت سینه به سینه صورت می‌گرفته است، نام‌گذاری روی گره‌ها در نسل‌های هنری مختلف به‌صورت گوناگون بوده است. این پژوهش می‌تواند با شناخت ساختاری گره‌ها راه‌حلی مبتنی بر اصول ریاضی برای دسته‌بندی و معرفی گره‌ها ارایه کند. برای پاسخ به پرسش‌های مطرح شده در این پژوهش، ابتدا، به ساختارشناسی گره‌ها پرداخته می‌شود و سپس، خانواده‌های گره بر اساس قواعد انتظام‌یابی آن‌ها بررسی می‌شوند و در نهایت، ارتباط بین انواع زوایای معرفی شده خانواده‌های گره با ساختارشان مورد بررسی قرار می‌گیرند که بیش‌ترین فراوانی را در کاربرد معماری دارند.

روش پژوهش

این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و گردآوری اطلاعات به طریق کتابخانه‌ای انجام شده است.

پیشینه پژوهش

هنر در دوران اسلامی به دلیل زیبایی منحصر به فرد و پیچیدگی ریاضی آن مورد توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است. بنابراین پژوهشگران زیادی برای شناخت ویژگی‌های ریاضی، پیچیدگی‌ها و اصول ساختاری گره‌ها تلاش کرده‌اند؛ این مطالعات در چند دسته قابل تقسیم‌بندی هستند. دسته اول افرادی هستند که در حوزه روش ترسیم گره‌ها کاری کردند که افراد این دسته نیز به دو گروه استادان سنتی ایرانی و پژوهشگران خارجی قابل تقسیم هستند. استادان سنتی هنر و معماری ایران چون لرزاده (۱۳۷۴)، شعرباف (۱۳۸۵)، زمرشیدی (۱۳۶۵)، حلی (۱۳۶۵)، گلیار (۱۳۹۹) و ماهرالنقش (بی‌تا) هستند؛ که در تالیفات خود به معرفی گره و شیوه ترسیم آن می‌پردازند. روش ترسیم ارایه شده توسط این استادان سنتی تکیه بر روش فلکی با استفاده از یک ماتریس هندسی شعاعی است. ولی‌بیگ و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله «مطالعه مقایسه‌ای گره مادر در گستره شیوه‌های ترسیم با ارایه و معرفی شیوه‌ای نامکتوب» با تکیه بر مبانی این استادان روش ترسیم گره مادر را تشریح کردند. شفیع‌زاده و سلطان محمدلو (۱۳۹۹)، در مقاله «ارایه مدل گام به گام روش ترسیم گره بر مبنای خردکردن (زایندگی)» به صورت گام به گام خردکردن گره بر اساس روش فلکی را شرح دادند. شیروانی (۱۴۰۱)، در مقاله «حَسبا» شیوه ترسیم نقوش هندسی اسلامی مراکش در مقایسه با شیوه شعاعی ایرانیان» روش ترسیم مراکشی را تحت عنوان «حسبا» با روش شعاعی ایرانی مورد مقایسه قرار داده است که روش ایرانی را روشی با زایندگی بیش‌تر در تولید گره‌ها معرفی می‌کند. علاوه بر این روش‌های ترسیم گره در میان متخصصان خارجی بسیار گسترده است. بونر (۱۴۰۰)، در کتاب «الگوهای هندسی اسلامی، توسعه تاریخی و روش‌های سنتی ساخت» و کرمول (۲۰۱۲)، در مقاله «تحلیل الگوهای چند سطحی در مسجد جامع یزد» بر روی روش چندضلعی تکیه دارند. افراد دیگری چون عصام السعید (۱۹۸۹)، در کتاب «مفهوم هندسی در طرح‌های اسلامی» و بروگ (۲۰۱۳)، در کتاب «طرح‌های هندسی اسلامی» به فن نقطه اتصال (روش مراکشی) متکی هستند. افرادی چون ژان مارک کاسترا (۲۰۲۱)، در مقاله «تند و تند: خودمتشابهی الگوهای تند ایرانی، از طریق منطق کاشی‌های X» در ترسیم گره از روش شبکه‌ای استفاده می‌کند. هم‌چنین، افرادی دیگر نیز با تکیه بر مبانی نوین به طراحی و توسعه گره‌ها پرداخته‌اند. از این میان می‌توان به ریما الجونی (۲۰۱۲)، اشاره کرد که در مقاله «نظم جهانی الگوهای شبه تناوبی در معماری اسلامی» به ارایه ترسیم گره بر اساس

نظـم شـبه تناوبـی پرداخـت. هم‌چنیـن، کاپـلان و سلسـین (۲۰۰۴)، در مقالـه «هندسـه محـض الگوهـای سـتاره اسـلامی» و امین‌پـور و همـکاران (۱۳۹۵)، در مقالـه «ارایـه دو روش جدیـد در ترسـیم گـره و مقایسـه آن‌هـا» بـه توسـعه ترسـیم گره‌هـا بـر اسـاس مبانـی الگوریتـم رایانشـی پرداختنـد و فـن چندضلعـی را بـرای تولیـد پارامتریـک گره‌هـا را به‌صـورت الگوریتمیـک و زبـان برنامه‌نویسـی در برنامـه متلـب بـه‌کار گرفتنـد. دسـته دیگـر بـه مباحـث نظـری بیـن گـره و زمینه‌هـای توسـعه آن پرداخته‌انـد. کریچلـو (۱۹۷۶)، در کتـاب «مضامیـن جهـان شـناختی الگوهـای هندسـی اسـلامی» بـرای رمـزگشـایی ارتبـاط گـره بـا حکمـت اسـلامی تـلاش کرده‌اسـت. نجیـب اوغلـو (۱۳۷۹و ۲۰۱۷)، در کتاب‌هـای «هندسـه و تزییـن در معمـاري اسـلامي (طومـار توپکاپـی)» و «هنـر تزیینـات هندسـی» بـرای توسـعه عناصـر تزیینـی مبتنـی بـر تکامـل ریاضیـات در جهـان اسـلام پژوهـش کرده‌اسـت. علاوه بـر ایـن افـرادی چـون نژادابراهیمـی و عزیزپـور (۲۰۲۰)، در مقالـه «راهبردهـای انتقـال گـره بـر سـطوح گنبدهـای تاریخـی ایـران» بـا نـگاه فـن شناسـانه راهبردهـای انتقـال گره‌هـا بـر سـطح گنبدهـای ایرانـی را اسـتخراج کرده‌انـد. هم‌چنیـن، نژادابراهیمـی و عزیزپـور (۱۴۰۱)، در مقالـه «کاربـرد لایـه پنهـان در توسـعه گره‌چینـی بـر مبنـای مسـتندات تاریخـی در ایـران» کاربـرد فـن چندضلعـی را در توسـعه گره‌چینـی بـر اسـاس مسـتندات تاریخـی جسـتجو کردنـد کـه فـن چندضلعـی را به‌عنـوان روش طراحـی از یـاد رفتـه در توسـعه گره‌هـا معرفـی می‌کننـد. پژوهـش «روشـی نـو در ترسـیم نقش‌مایه‌هـای گـره ده تنـد و کنـد» نوشـته دهشـتی و همـکاران (۱۳۹۸)، از معـدود پژوهش‌هـای اسـت کـه در آن بـه سـاختار گـره بـر اسـاس خانـواده الگـو پرداختـه شـده اسـت. نویسـندگان بـر اسـاس سـاختار گـره روشـی را تحـت عنـوان سـتاره طلایـی بـرای تنـد و کنـد کـردن آلت‌هـای گـره ارایـه می‌دهنـد کـه مبتنـی بـر سـاختار پنج‌ضلعـی اسـت. منتظـر و سـلطان‌زاده (۱۳۹۷)، در مقالـه «بازتـاب نقـش پنـج ضلعـی منتظـم در نقـوش هندسـی معمـاری اسـلامی ایـران» بـه بررسـی نظـم پنجگانـه در سـاختارهای گره‌هـا پرداختنـد. بـا آن‌کـه پژوهش‌هـای انجـام شـده در زمینـه گـره بسـیار گسـترده اسـت، امـا هنـوز پژوهشـی یافـت نشـده اسـت کـه بـه ساختارشناسـی گـره بـر اسـاس خانواده‌هـای آن‌هـا بپـردازد، لـذا، ایـن پژوهـش سـعی دارد تـا بـه ایـن موضـوع بپـردازد.

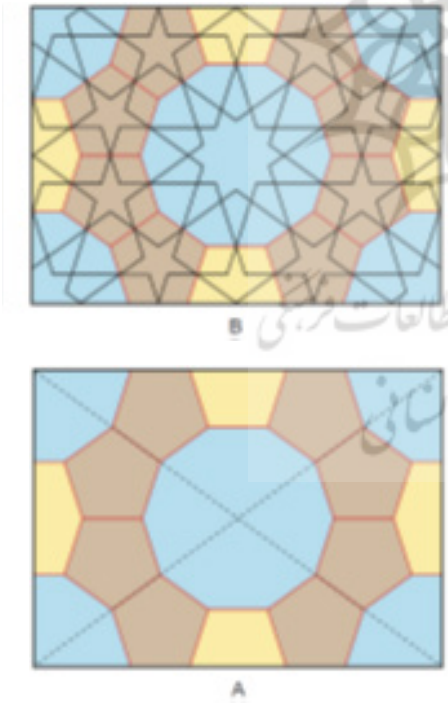
ساختارشناسی گره

تجمـل و پیچیدگـی هنـر کاشـی‌کاری بسـیاری از هنرمنـدان، معمـاران، ریاضی‌دانـان و دانشـمندان را جـذب کـرد. مطالعـه کاشـی‌کاری‌ها بیـن ریاضیـات و فرهنـگ رابطـه ایجـاد می‌کنـد (Taganap and De Las Peñas, 2018: 96). موزاییک‌کاری‌هـا یـک شـکل از طراحـی هسـتند کـه بـرای هـزاران سـال در فرهنگ‌هـای مختلـف اسـتفاده شـدند (Willson, 1983: 1)؛ کـه در طـول زمـان توسـعه یافتـه و پایـه شـکل‌گیری طرح‌هـای بعـد از خـود شـدند. طـرح گـره در مصالـح متنـوع از جملـه چـوب، کاشـی، سـنگ و گـچ پیاده‌سـازی شـده اسـت. علاقـه زیـاد بـه تزیینـات پیچیـده و متنـوع منجـر بـه توسـعه سـنت تزیینـی گره‌هـا از طرح‌هـای سـاده اولیـه بـه طرح‌هـای پیچیـده ماننـد شـاه‌گره‌ها شـده اسـت. متخصصـان بسـیاری بـه توصیـف گره‌هـا پرداختنـد کـه در توصیـف گـره چنیـن نقـل کرده‌انـد: «نقـش هندسـی، کـه اهـل فـن آن را گـره می‌نامنـد، یـک شـاخه از هنـر نقش‌پـردازی اسـلامی را تشـکیل می‌دهـد. گـره، بافت‌هـای گوناگونـی از شـکل‌های منظـم هندسـی اسـت؛ بافت‌هایـی پیچیـده‌ای کـه همگـی ترکیبـی منظـم و همگـن دارنـد و می‌تواننـد تـا از همه‌سـو گسـترش یابنـد، بـدون آن‌کـه ترکیـب هماهنگ‌شـان دسـتخوش تغییـر شـود» (نوایـی و حاجـی قاسـمی، ۱۳۹۰: ۱۷۶). تزیینـات هندسـی را در هنـر ایرانی-اسـلامی گـره چینـی یـا گره‌سـازی می‌نامنـد و معمـولاً ترکیبـی اسـت از شمسـه‌ها و آلت‌هـای چندضلعـی کـه در ترکیبـی مـوزون بـا یک‌دیگـر قرارگرفته‌انـد (نجیـب اوغلـو، ۱۳۷۹: ۱۸۰). هم‌چنیـن، اسـتادان سـنتی ایـن هنـر ماننـد شـعرباف، گره‌هـا را بـر اسـاس آلات‌هـای شـناخته شـده‌ای ماننـد شمسـه، ترنـج، پنـج ضلعـی، پنـج

پـر، شـش بنـد، سـرمه‌دان و ... تشـریح می‌کننـد کـه در یـک سیسـتم منطقـی کنـار یـک دیگـر قـرار گرفته‌انـد (شـعرباف، ۱۳۸۵: ۱۱). بـر اسـاس تعاریفـی کـه از منظـر پژوهشـگران خارجـی و داخلـی و هم‌چنـان اسـتادان سـنتی هنـر مطـرح شـد، می‌تـوان پـی بـرد کـه ویژگی مهـم گـره بـر درهـم بافتگـی آلت‌هـای تعریـف شـده بـر اسـاس نظـم هماهنـگ تکیـه دارد. ایـن درهـم بافتگـی به‌صـورت تصادفـی و بـدون اصـول نبـوده اسـت، بلکـه بـر لایـه پنهانـی بـر زیـر موتیف‌هـای گـره تکیـه دارد کـه انتظـام کلـی گـره را تبییـن می‌کننـد. ایـن لایـه پنهـان موزاییـک‌کاری مولـد پایـه شـناخته می‌شـود.

۱. موزاییک‌کاری مولد پایه در گره

مسـاله‌ای کـه همـه متخصصـان شـرقی و غربـی بـر روی آن اتفـاق نظـر دارنـد، چنـد لایـه بـودن سـاختار گره‌هـا اسـت، کـه در زیـر نقشـی کـه مشـاهده می‌شـود سـاختار نامریـی وجـود دارد کـه بـه‌کل طـرح سـامان می‌دهـد. بدین‌گونـه کـه کاشـی‌کاری آلت‌هـای گـره بـر اسـاس سـاختار پایـه موزاییـک‌کاری انتظـام می‌یابـد (Nejad Ebrahimi & Azizpour Shoubi, 2020: 243). هـر چنـد همان‌طـور کـه در بخـش پیشـینه توضیـح داده شـد، روش‌هـای طراحـی گـره بسـیار متنـوع اسـت. فـن چندضلعـی در ترسـیم گـره متکـی بـر ایـن موزاییـک‌کاری مولـد پایـه اسـت؛ بـه گونـه‌ای کـه هـر نـوع آلت‌هـای گـره بـر اسـاس شـبکه موزاییـک‌کاری مولـد پایـه جای‌گـذاری می‌شـود. فهـم ارتبـاط بیـن گره‌هـا و موزاییـک‌کاری مولـد پایه‌شـان بـا کشـف ارنسـت هنبـوری هنکیـن آغـاز شـد؛ او در زمـان بازدیـد از یـک حمـام مغولـی در هنـد متوجـه ترسـیماتی از چندضلعی‌هـا به‌عنـوان طـرح خراشـیده در زیـر نقـش گـره به‌عنـوان شـبکه پایـه شـد کـه بـر نقـوش گـره بـر اسـاس آن‌هـا شـکل گرفتـه بودنـد. بـه واسـطه ایـن کشـف روش چندضلعـی بـه پژوهشـگران ایـن حـوزه معرفـی شـد (Hankin, 1925)؛ و بعدتـر ایـن کشـفیات بیش‌تـر شـد کـه عـلاوه بـر طومـار توپ‌قاپـی در مشـربیه مقبـره سـلیم چشـتی در هنـد و کاشـی‌کاری‌های مقبـره گنبـد سـلطانیه در زنجـان نیـز قابـل مشـاهده اسـت (نژادابراهیمـی و عزیزپـور شـوبی، ۱۴۰۱: ۱۰۹). نقـش شمسـه‌ها در گره‌هـا بسـیار بـا اهمیـت اسـت کـه اسـتادان سـنتی ایـن هنـر نیـز بـر اسـاس تعـداد پرهـای شمسـه بـرای نام‌گـذاری گره‌هـا اسـتفاده می‌کننـد (لـرزاده، ۱۳۷۴: ۱۴۵). در حقیقـت، ایـن حالـت شمسـه اسـت کـه بـر کل طـرح تاثیـر می‌گـذارد و سـاختار کل طـرح را شـکل می‌دهـد. ایـن روش در ایجـاد سـتاره‌های اصلـی، کاربـرد دارد. خطـوط الگـو اغلـب، به‌وسـیله خطـوط ترسـیم، کـه نقـاط میانـی چندضلعـی پایـه اصلـی را متصـل می‌کنـد، تعییـن می‌شـود. روش ارایه‌شـده به‌طـور تقریبـی پیـرو نام‌گـذاری ج. لـی باستان‌شـناس اسـت کـه بـا شناسـایی تعـداد اضـلاع چندضلعـی اصلـی نسـبت بـه تعـداد اضـلاع متوالـی در نقطـه میانـی بـه نقطـه میانـی خـط بـرای ایجـاد یـک سـتاره معیـن کاربـرد دارد (AJ Lee, 1987: 182–197).



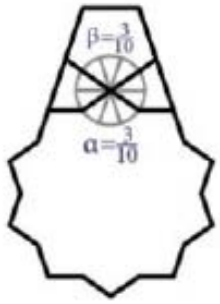
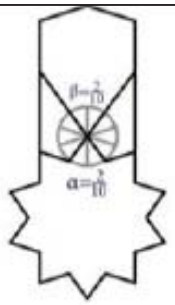
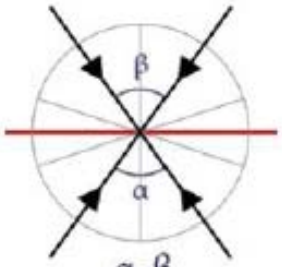
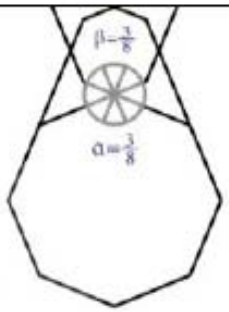
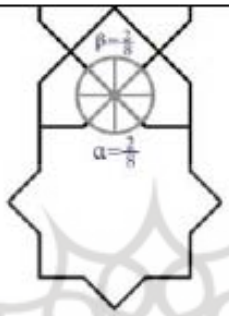
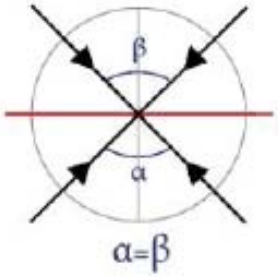
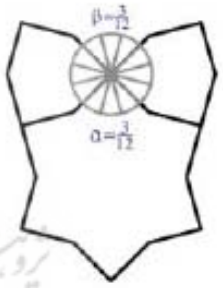
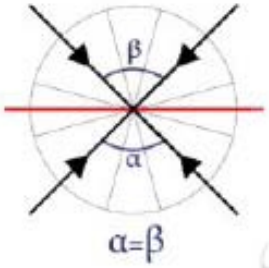
تصویر ۱- ترسیم گره به روش چندضلعی (بونر، ۱۴۰۰: ۳۲۲).

۲. خانواده‌های گره

در آثار به‌جامانده از استادان سنتی هم‌چون حلی (۱۳۶۵: ۶۶-۶۴) و لرزاده (۱۳۷۴: ۱۴۴-۱۴۲) ملاحظه می‌شود که آن‌ها یک دسته‌بندی ساختاری از گره‌ها در خانواده‌های مختلف داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که آن‌ها با شناخت کامل از خانواده‌های الگو به طراحی و ترسیم می‌پرداختند. «مطابق بیانات کسانی که از نزدیک طراحی استاد شعرباف را مشاهده نموده‌اند، ایشان بر ساختار آلت‌ها کامل تسلط داشت و در زمان طراحی گره نه براساس ترسیم، بلکه با چینش آلت‌ها کنار هم به طرح گره مورد نظر دست می‌یافتند» (نژادابراهیمی و عزیزپور، ۱۴۰۱: ۱۱۲). در حقیقت «گره‌ها انتظام سطحی از پاره‌خط‌های هستند که در کنار هم اشکال متمایزی را پدید می‌آورند» (Kaplan, ۲۰۰۰). ترسیمات مبتنی بر کاشی‌ها به‌واسطه پیوستن کاشی‌ها در کنار هم با جهت‌گیری مناسب اجازه می‌دهد تا راستاها مبتنی بر کاشی‌ها ایجاد شوند (Swoboda and Vighi, ۲۰۱۶: ۳۳). همان‌طور که قبل‌تر بیان شد، شمسه یک خصصیه مهم و نمادین در گره‌ها است که بر ساختار کلی گره‌ها تاثیر می‌گذارد. بر اساس همین قاعده، زاویه شمسه‌ها بر کل آلت‌های گره تاثیر می‌گذارد و خانواده گره را تعیین می‌کند. دسته‌بندی بر اساس خانواده گره‌ها در سه دسته عمده صورت می‌گیرد؛ این سه دسته با تعداد پره‌های شمسه در ارتباط هستند، که شامل گره‌های هشت پر، شش یا دوازده پر و یا گره‌های ده پر می‌شوند. گره‌ها بر اساس زاویه شمسه از باز تا بسته، به ترتیب در چهار خانواده تند، واسطه، کند، شل تقسیم می‌شوند. چون در گذشته ابزارهای امروزی برای تعیین زاویه خطوط وجود نداشت، هنرمندان از قواعد ترسیم برای تعیین زاویه گره‌ها استفاده می‌کردند که بر اساس تقسیم دایره به قسمت‌های مساوی بود (حلی، ۱۳۶۵: ۶۵). این تقسیم‌بندی دایره به تعداد پرهای گره ارتباط مستقیمی داشت که یا تقسیم دایره کاملاً برابر با تعداد پرهای شمسه بود؛ و یا مضربی انتخاب می‌شد که بر تعداد پرهای شمسه بخش‌پذیر باشند که زوایای خانواده گره در هر کدام از این گره‌ها در ادامه شرح داده خواهد شد (جدول ۱).

الف) گره ده: خانواده تند مبتنی بر زاویه ۳۶ درجه یا ۱/۱۰ قسمت دایره، خانواده واسطه مبتنی بر ۷۲ درجه یا ۲/۱۰ قسمت دایره، خانواده کند مبتنی بر ۱۰۸ درجه یا ۳/۱۰ قسمت دایره، و خانواده شل مبتنی بر ۱۴۴ درجه یا ۴/۱۰ قسمت دایره است. ب) گره هشت پر: حال اگر این پیمون‌بندی در گره‌های ۱۰ را به گره‌های هشت پر تعمیم بدهیم، مشاهده می‌شود که گره تند مبتنی بر زوایای ۴۵ یا ۱/۱۰ تقسیم دایره، گره واسطه مبتنی بر زاویه ۹۰ درجه یا ۲/۸ دایره و هم‌چنین، گره کند مبتنی بر ۱۳۵ درجه و یا ۳/۸ تقسیم دایره است. ج) گره شش و دوازده پر: گره دوازده و شش پر از یک نظام تقسیم‌بندی پیروی می‌کنند که تابع زوایای ۳۰ درجه، ۶۰ درجه و ۹۰ درجه هستند. این نظام تقسیم‌بندی منطبق بر نظام تقسیم دایره به ۱۲ قسمت است که گره شش پر نیز بر آن بخش پذیر است. در جدول زیر ارتباط پیمون‌بندی خانواده‌های گره در نظام ۲ و ۳ قسمت نشان داده شد؛ و در بخش بعدی، ارتباط این تقسیم‌بندی‌ها را موزاییک‌کاری مولد پایه گره‌ها را بیان می‌شود.

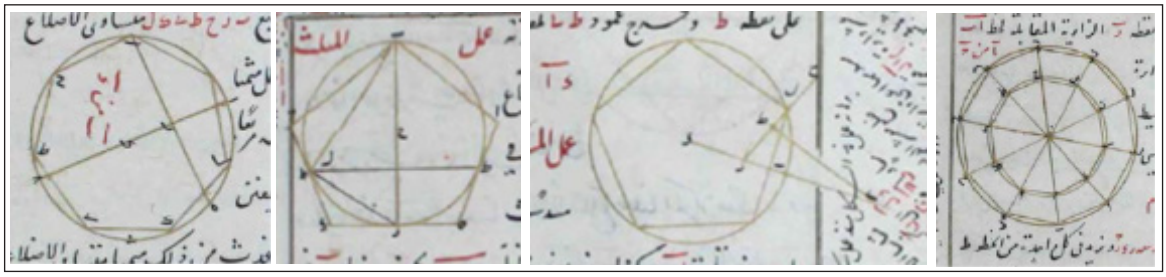
جدول ۱. تعیین خانواده‌گره بر اساس زاویه شمسه در سه دسته عمده گره‌های شش، هشت و ده (نگارندگان).

گره	شمسه و آلت در مدول ۳ تایی	شمسه و آلت‌ها در مدول ۲ تایی	نظام دایرهتایی
نظام مدول بندی در خانواده گره ده پر	 $\alpha=\beta=\frac{3}{10}\times 360^\circ=108^\circ$	 $\alpha=\beta=\frac{2}{10}\times 360^\circ=72^\circ$	 $\alpha=\beta$
نظام مدول بندی در خانواده گره هشت پر	 $\alpha=\beta=\frac{3}{8}\times 360^\circ=135^\circ$	 $\alpha=\beta=\frac{2}{8}\times 360^\circ=90^\circ$	 $\alpha=\beta$
نظام مدول بندی در خانواده گره شش پر	 $\alpha=\beta=\frac{3}{12}\times 360^\circ=90^\circ$	$\alpha=\beta=\frac{2}{12}\times 360^\circ=60^\circ$	 $\alpha=\beta$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

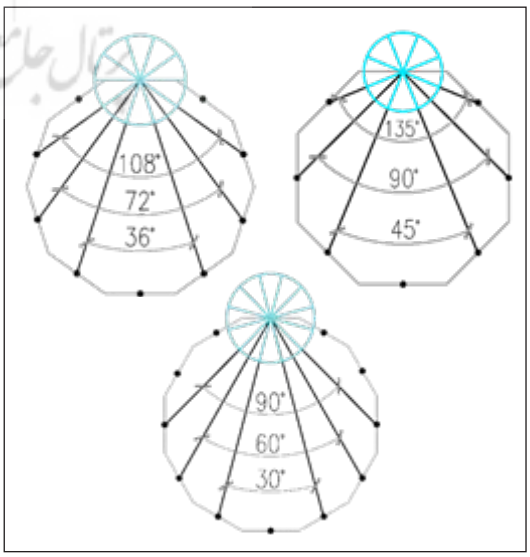
ارتباط موزاییک‌کاری پایه و خانواده‌گره

هرچند دانش ما از تاریخ توسعه و ترسیم کاشی‌کاری‌ها بسیار اندک است و منابعی که نحوه طراحی و ترسیم استادان گذشته را به روشنی شرح دهد در دست نیست. با این حال، منابعی که از ریاضی‌دانان مسلمان برای اهل حرف تالیف شده است، می‌تواند در روشن کردن این مسیر مفید باشد، یکی از برجسته‌ترین این نسخ کتاب «اعمال هندسی» ابوالوفا بوزجانی است. یک موزاییک‌کاری مولد پایه -که برای تولید گره‌ها استفاده شده است- غالباً، ترکیبی از چندضلعی‌های منتظم مختلف در یک نظم هماهنگ است. از آن‌جایی چندضلعی‌های منتظم در دایره محاط هستند، روش‌های ارایه شده برای ترسیم و تقسیم زوایای توسط بوزجانی نیز غالباً بسیار متکی بر تقسیم دایره است (تصویر ۲).



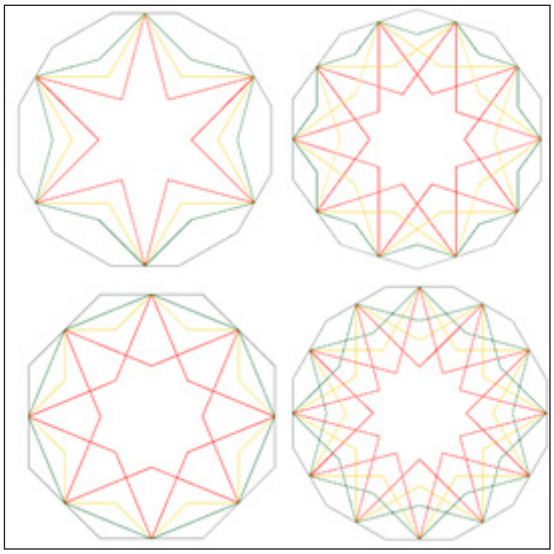
تصویر ۲-ترسیم چندضلعی‌های منتظم به روش ابوالوفا بوزجانی (بوزجانی، بی‌تا).

از آن‌جاکه چندضلعی‌های منتظم در دایره قابل محاط می‌شوند، زاویه تقسیم‌بندی‌های آن‌ها بر اساس ساختار تقارنی‌شان برابر با تقسیم شعاعی یک دایره است که تعداد تقسیم آن برابر با تعداد اضلاع چندضلعی مورد نظر باشد. از این رو، نظام پیمون‌بندی خانواده گره بر اساس تقسیمات شعاعی منطبق بر چندضلعی پایه است که ساختار گره را شکل می‌دهد. موقعیت محورهای تقارن در چند ضلعی‌ها یا می‌تواند بر روی رئوس چندضلعی باشد و یا بر روی نقاط میانی چندضلعی‌ها قرار گیرد که طراحان گره از همین نقاط برای ترسیم گره‌های تند، واسطه و کند استفاده می‌کردند. حال اگر بر اساس نقاط میانی در چندضلعی پایه و زوایای مدول بندی در خانواده‌های گره به ترسیم خطوط بپردازیم، مشاهده می‌شود که نقاط انتهایی خطوط کاملاً منطبق بر نقاط میانی چندضلعی‌ها است (تصویر ۳).



تصویر ۳-انطباق زوایای بین خطوط بر اساس نقاط میانی در چندضلعی‌های پایه (نگارندگان).

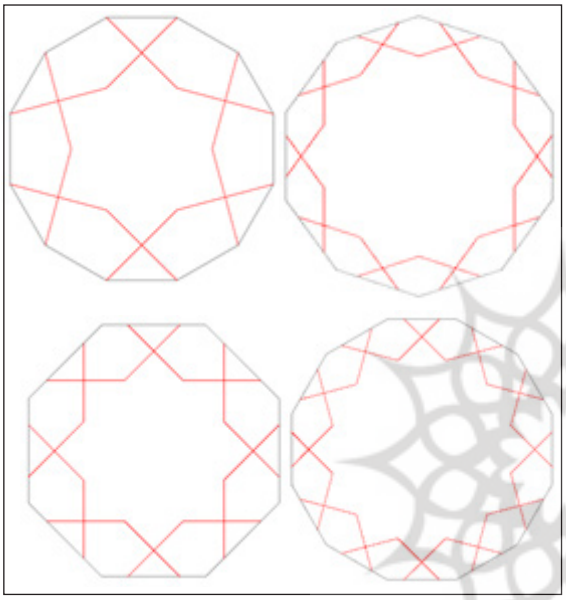
انطباق زوایای خانواده الگو با زوایای خطوط قرارگرفته در نقاط میانی چندضلعی‌ها می‌تواند به‌عنوان مدرک دیگری از کاربرد فن چندضلعی در تاریخی توسعه گره‌ها استدلال شود که طراحان گره‌ها از ساختار هندسی چندضلعی‌ها برای ترسیم گره‌های و ایجاد طرح‌های متنوع در یک ساختار واحد به نام موزاییک‌کاری مولد پایه بهره برده‌اند. نظام پیمون‌بندی منطبق بر تقسیمات چندگانه دایره ارتباط مستقیم با چندضلعی پایه دارد. یعنی در طرح‌های که پیمون‌بندی آن‌ها تقسیمات دوازده‌گانه دارد، چندضلعی اصلی پایه آن‌ها دوازده ضلعی، و در طرح با مدول بندی مبتنی بر تقسیم ده‌گانه دایره چندضلعی اصلی پایه آن‌ها ده‌ضلعی و هم‌چنین، در طرح با مدول بندی مبتنی بر تقسیم هشت‌گانه دایره چندضلعی اصلی هشت‌ضلعی است. بر اساس این چندضلعی است که طرح گره در خانواده‌های تند، واسطه و کند بر اساس ترسیم خطوط در بین نقاط میانی اضلاع چندضلعی اصلی در یک موزاییک‌کاری مولد پایه شکل می‌گرفت. علاوه بر انطباق خانواده‌های تند، واسطه و کند با ساختار چندضلعی، گره در خانواده شل نیز کاملاً با ساختار چندضلعی سازگار است. تفاوت گره شل با سایر خانواده‌ها در این است که انتظام‌یابی در این خانواده خطوط گره بر اساس نقطه میانی نیست. بر این اساس، اگر فاصله بین هر نقطه میانی تا رئوس یک واحد در نظر گرفته شود، هر الگو شل در هر نوع گره بر روی این واحدها شکل می‌گیرد (تصویر ۴).



تصویـر ۴- انتظام‌یابی خطوط گـره در خانواده‌های تند (قرمز)، واسـطه (زرد)و کند (سـبز) در چندضلعی‌های اصلی (خاکسـتری) (نگارندگان).

- **تنـد**: بـر اسـاس ترسـیم خطـوط از نقطـه میانـی بـه دو واحـد مقابـل کـه زوایـای آن‌هـا در گـره شـش و دوازده پـر، هشـت پـر و ده پـر بـه ترتیـب شـامل ۳۰، ۴۵ و ۳۶ درجـه اسـت.
- **واسـط**: بـر اسـاس ترسـیم خطـوط از نقطـه میانـی بـه سـه واحـد مقابـل کـه زوایـای آن‌هـا در گـره شـش و دوازده پـر، هشـت پـر و ده پـر بـه ترتیـب شـامل ۶۰، ۹۰ و ۷۲ درجـه اسـت.
- **کنـد**: بـر اسـاس ترسـیم خطـوط از نقطـه میانـی بـه چهـار واحـد مقابـل کـه زوایـای آن‌هـا در گـره شـش و دوازده پـر، هشـت پـر و ده پـر بـه ترتیـب شـامل ۹۰، ۱۳۵ و ۱۰۸ درجـه اسـت.

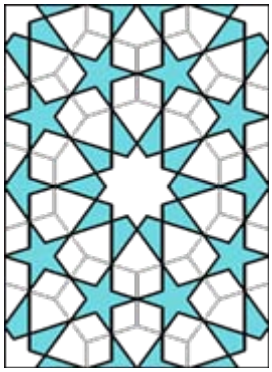
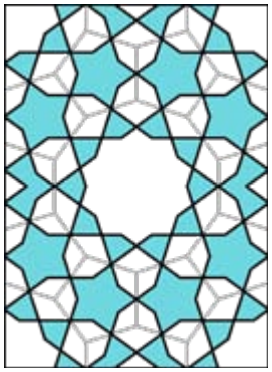
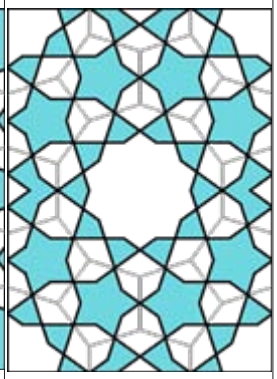
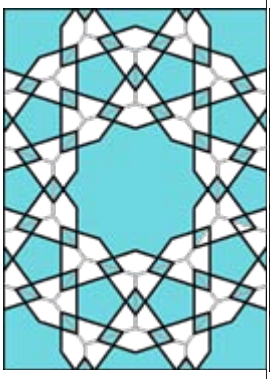
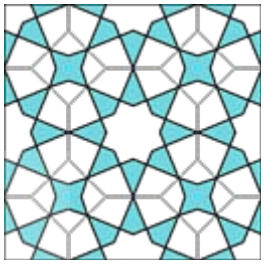
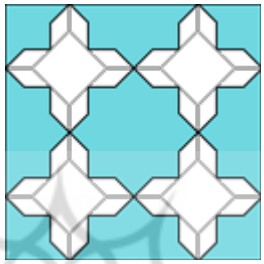
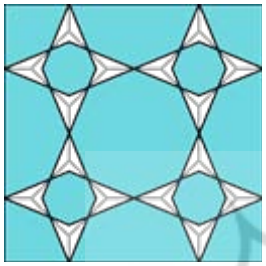
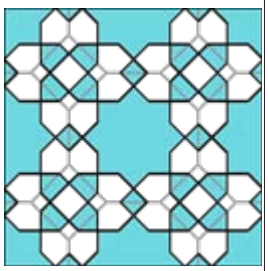
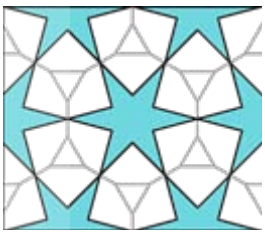
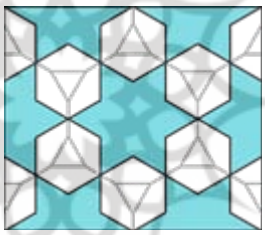
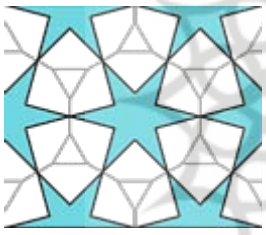
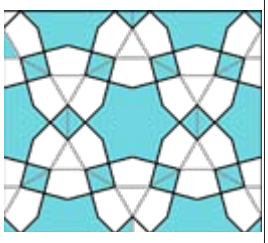
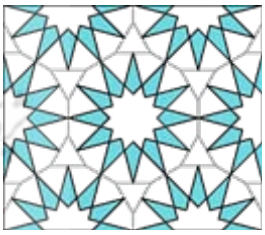
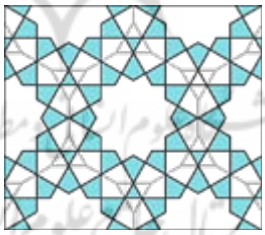
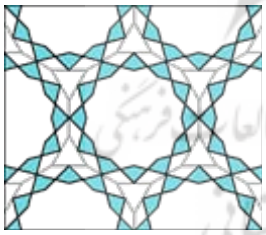
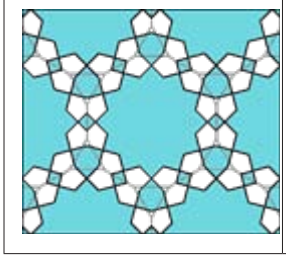
شـل: شـکل‌گیری طـرح در خانـواده شـل نیـز تابـع چندضلعی‌هـا در موزاییـک‌کاری مولـد پایـه اسـت. تفـاوت ایـن خانـواده بـا خانواده‌هـای دیگـر در ایـن اسـت کـه به‌جـای انتظـام در نقـاط میانـی چندضلعی پایـه خطـوط گـره بـر اسـاس نقـاط ۱/۴ ابتدایـی و انتهایـی اضـلاع چندضلعـی پایـه انتظـام می‌یابنـد. بـر ایـن اسـاس، در هـر ضلـع چندضلعـی پایـه دو نقطـه برخـورد خطـوط گـره وجـود دارد کـه بـر همیـن اسـاس جـی بونـر ایـن خانـواده را معـادل دو نقطـه‌ای یـا Two-Point معرفـی می‌کنـد. هم‌چنیـن، بایـد ذکـر شـود، از آن‌جـا کـه چندضلعـی اصلـی در گـره شـش پـر دوازده ضلعـی اسـت و اضـلاع یـک درمیـان خالـی می‌مانـد، ایـن انتظـام‌گیـری به‌جـای ۱/۴ انتهایـی خطـوط در رئـوس اتفـاق می‌افتـد. انتظـام گیـری خطـوط در خانـواده شـل سـبب می‌شـود تـا طـرح شمسـه اصلـی در مرکـز چندضلعـی اصلـی پایـه بـا فاصلـه از اضـلاع آن شـکل بگیـرد و سـایر آلت‌هـای ایجـاد شـده بـر اسـاس انتظـام‌گیـری خطـوط شمسـه در موزاییـک‌کاری پایـه بـا یـک درهـم آمیختگـی همـراه باشـند (تصویـر ۵).



تصویـر ۵- انتظام‌یابـی خطـوط گـره در خانواده‌های شـل (قرمز) در چندضلعی‌هـای اصلـی (خاکسـتری) (نگارندگان).

همان‌طـور کـه بیـان شـد، طـرح شمسـه‌ها خصیصـه کلـی گـره را شـکل می‌دهنـد. شـکل‌گیری شمسـه در موزاییـک‌کاری مولـد پایـه کـه ترکیبـی از چندضلعی‌هـای منتظـم هسـتند و ارتباطـی تعریـف شـده در بیـن آن‌هـا برقـرار اسـت، سـبب می‌شـود کـه یـک ارتبـاط منطقـی در سرتاسـر طـرح ایجـاد شـود و کل طـرح تحـت تاثیـر شمسـه شـکل بگیـرد. از ایـن رو، امتـداد خطـوط شمسـه در چندضلعـی اصلـی سـبب کامـل شـدن طـرح می‌گـردد. بـر ایـن اسـاس واحـد الگـوی گره‌هـای شـش، هشـت، ده و دوازده پـر کـه در ایـن مقالـه مـورد بررسـی قـرار گرفتنـد در موزاییـک‌کاری مولـد پایه‌شـان ارایـه گردیـده اسـت (جـدول ۲).

جدول ۲. خانواده‌های گره شش، هشت، و ده‌پر در چندضلعی‌های موزاییک‌کاری مولد پایه (نگارندگان).

	تند	واسطه	کند	شل
گره ده پر				
گره هشت پر				
گره شش پر				
گره دوازده پر				

نتیجه‌گیری

با توجه به جایگاهی که علوم ریاضی و هندسه در جهان اسلام داشت، هنرهای تزیینی با آن‌ها هماهنگ شدند. گره‌ها به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین نمود هنرهای تزیینی جهان اسلام، با بهره‌گیری از این علوم با قواعد هندسی و ریاضی به سطح بالایی از پیچیدگی توسعه یافتند. پای‌بندی به اصول هندسی سبب عدم انعطاف‌پذیری در گره‌ها نشده است؛ بلکه طراحان گره با تکیه بر ساختارهای هندسی گره، قواعدی را برای ایجاد طرح‌های متنوع در یک ساختار واحد پایه‌گذاری کردند. این قاعده‌ها باعث شکل‌گیری انواع خانواده‌های الگو در گره‌ها شده‌اند؛ مانند ایجاد گره‌های تند، واسطه، کند و شل. شمسه، یکی از برجسته‌ترین عناصر سازنده گره، ارتباط عمیقی با کل گره برقرار می‌کند و بر کل ساختار گره تاثیر می‌گذارد. تعداد پرهای گره ارتباط مستقیمی با تعیین زوایای خانواده الگو دارد که پیمون‌بندی

آن‌ها مبتنی بر تقسیم شعاعی دایره منطبق بر α تعداد پرهای شمسه است. اگر در این رابطه به‌عنوان زوایای خطوط شمسه، عدد 360 &β به‌عنوان مدول تعداد P ،معادل زاویه دایره به‌عنوان تعداد F ،تقسیمات در خانواده الگو مدول تقسیم در خانواده گره باشد، رابطه‌ای زیر :را می‌شود

$$\alpha=\beta=F/P\times^{\circ}360=A^{\circ}$$

مدول‌بندی مبتنی بر تقسیم دایره رابطه عمیقی با چندضلعی‌های پایه در گره‌های دارد. تقسیم‌بندی انواع خانواده گره در چندضلعی پایه متکی بر موقعیتی که یک پاره‌خط‌های گره از نقاط روی اضلاع به یک دیگر وصل می‌شوند، خانواده گره را شکل می‌دهند. از آن جایی که چندضلعی‌های منتظم در دایره قابل محاط هستند، مدول بندی خانواده‌های گره با تقسیم شعاعی منطبق است. در این پیمون‌بندی که در گره‌های شش، هشت، ده، و دوازده پر انجام شد، اگر تعداد مدول بندی برابر فاصله یک واحد از نقاط میانی در چندضلعی پایه باشد، گره در دسته تند قرار می‌گیرد؛ و اگر برابر فاصله دو واحد از نقاط میانی در چندضلعی پایه باشد، گره در دسته واسطه قرار می‌گیرد. هم‌چنین، اگر برابر فاصله سه واحد از نقاط میانی در چندضلعی پایه باشد، گره در دسته کند قرار می‌گیرد؛ و در نهایت، اگر خطوط گره به‌جای نقطه میانی در ۱/۴ انتها اضلاع و یا رئوس چندضلعی پایه انتظام یابد، در دسته شل قرار می‌گیرد. هرچند که روش‌های ترسیم گره به دلیل کاربرد آن در گستره وسیع زمانی و جغرافیایی متنوع است. انطباق کامل خانواده‌های گره با چندضلعی‌های پایه نشان دیگری از کاربرد فن چندضلعی در توسعه گره‌چینی علاوه بر منابع تاریخ کاربرد این روش است.

پی‌نوشت

۱. نام‌گذاری خانواده شل: از آن جایی که نام‌گذاری در بین استادان مختلف متفاوت بوده، بسیاری از گره‌ها که در خانواده واسطه قرار می‌گیرند؛ در منابع سنتی به نام شل معرفی شده است. اما پژوهشگران این مقاله از نام‌گذاری بونر (۱۴۰۱) به‌عنوان دسته گره‌های دو-نقطه‌ای (Two-points) پیروی می‌کنند که در ترجمه آن کتاب به‌عنوان گره شل معرفی شد.

منابع

امین‌پور، احمد؛ اولیا، محمدرضا؛ ابوئی، رضا و حاجبی، بیتا (۱۳۹۵). ارایه دو روش جدید در ترسیم گره و مقایسه آن‌ها، ***انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران***، شماره ۱۱، ۶۷-۸۳.

بوزجانی، ابوالوفاء محمد بن محمد البوزجانی (بی‌تا). ***في ما یحتاج الیه العمال و الصنّاع من الاشکال الهندسیه***، آرشیو در کتابخانه ایاصوفیه. کد ۲۷۵۲.

بونر، جی (۱۴۰۰). الگوهای هندسی اسلامی؛ ***توسعه تاریخی و روش‌های سنتی ساخت***، ترجمه احد نژاد ابراهیمی و عارف عزیزپور شوبی، تبریز: دانشگاه هنر اسلامی.

حلی، سید علی اکبر (۱۳۶۵). ***گره‌ها و قوس‌ها در معماری اسلامی***، کاشان: حلی.

دهشتی، مجید؛ مهدی خوش‌نژاد و منان رئیسی، محمد (۱۳۹۸). روشی نو در ترسیم نقش‌مایه‌های گره ده تند و کند، ***نگره***، دوره ۱۴، شماره ۵۱، ۵۳-۶۳.

زمرشیدی، حسین (۱۳۶۵). ***گره چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی***، شیراز: دانشگاه شیراز.

شعرباف، اصغر (۱۳۸۵). ***گره و کاربندی***، تهران: سازمان میراث فرهنگی.

شفایی، جواد (۱۳۹۹). ***هنر گره‌سازی در معماری و درودگری***، تهران: انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.

شفیع‌زاده، اسدالله و سلطان‌محمدلو، سعیده (۱۳۹۹). ارایه مدل گام به گام روش ترسیم گره بر مبنای خرد کردن (زایندگی)، ***نگره***، دوره ۱۵، شماره ۵۴، ۷۷-۹۳.

شیروانی، محمدرضا (۱۴۰۱). «حَسبا» شیوه ترسیم نقوش هندسی اسلامی مراکش در مقایسه با شیوه شعاعی ایرانیان، ***مبانی نظری هنرهای تجسمی***، دوره ۷، شماره ۲، ۲۸-۳۹.

گلیار، محمد (۱۳۹۹). دفتر گره: روش طراحی گره‌ها در معماری اسلامی ایران، تهران: میراث اهل قلم.

لرزاده، حسین (۱۳۷۴). ***احیای هنرهای از یاد رفته؛ مبانی معماری سنتی در ایران***، تدوین مهناز رئیس‌زاده و حسین مفید، تهران: مولی.

ماهرالنقش، محمود (بی‌تا). ***طرح و اجرای نقش در کاشیکاری ایران دوره اسلامی؛ دفتر اول گره‌کشی***، بی‌جا.

منتظر، بهنـاز و سـلطان زاده، حسـین (۱۳۹۷). بازتاب نقش پنج ضلعی منتظم در نقوش هندسی معماری اسلامی ایران، ***مطالعات هنر اسلامی***. دوره ۱۴، شماره ۳۰، ۱۵-۴۰.

مومنی، کوروش و مسـعودی، زهـره (۱۳۹۵). رابطه فرهنگ و معماری (با بررسی موزه هنرهای معاصر تهران)، ***جلوه هنر***، دوره ۸، شماره ۱، ۶۷-۸۲.

نجیب‌اوغلـو، گل‌رو (۱۳۷۹). هندسـه و تزییـن در معمـاري اسلامي، ترجمه مهرداد قیومي بیدهندي، تهران: روزنه.

نژادابراهیمی، احد و عزیزپور شـوبی، عـارف (۱۴۰۱). کاربرد لایه پنهان در توسـعه گره‌چینی بر مبنای مستندات تاریخی در ایـران، ***مبانی نظری هنرهای تجسمی***، دوره ۸، شماره ۱، ۱۰۱-۱۱۶.

نوایـی، کامبیز و حاجی قاسـمی، کامبیز (۱۳۹۰). ***خشـت و خیال؛ شرح معماری اسلامی ایران***، تهران: سروش.

ولی‌بیگ، نیما؛ نوشـین نظریه و رهروی پوده، ساناز (۱۳۹۶). مطالعه مقایسـه‌ای گره مادر در گستره شـیوه‌های ترسیم با ارایـه و معرفی شـیوه‌ای نامکتوب، ***تاریـخ علم***، دوره ۱۵، شماره ۲، ۲۵۱-۲۷۴.

References

Aminpour, A., Olia, M. R., Abuee. R., Hajebi, B., (2016). The Presentation of Two New Methods in Drawing Gireh: A Comparison Study. ***Journal of Iranian Architecture & Urbanism(JIAU)***, 7(1), -. (Text in Persian). https://www.doi.org/10.30475/isau.2017.62018

Al Ajlouni, R. (2012). The global long-range order of quasi-periodic patterns in Islamic architecture. ***Acta Crystallographica,*** A68, 235–243. doi:10.1107/S010876731104774X

Bonner, J., (2021). ***Islamic Geometric Patterns,*** Translated By Ahad Nejad Ebrahimi & Aref Azizpour Shoubi. Tabriz: Islamic Art University. (Text in Persian)

Bonner, J., Craig S. K., (2017). ***"4 Computer Algorithms for Star Pattern Construction."*** In Islamic Geometric Patterns, 549–73. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0217-7_4.

Buzjani, M. (-). ***Kitāb fi māyah'tāj ilayh al-Ṣāni' min al-ámāl al-handasia.*** Archive in Hagia Sophia Library. Code 2752. (Text in Arabic)

Broug, E., (2013)***. Islamic geometric design,*** London: Thames & Hudson.

Castera, J. M., (2021). TOND to TOND: Self-Similarity of Persian TOND Patterns, Through the Logic of the X-Tiles. ***In Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences.*** doi:10.1007/978-3-319-57072-3_58

Critchlow, K., (1976). ***Islamic patterns: An analytical and cosmological approach,*** London: Thames and Hudson.

Cromwell, P. R., (2012). Analysis of a multilayered geometric pattern from the Friday Mosque in Yazd. ***Journal of Mathematics and the Arts,*** 6(4). https://doi.org/10.1080/17513472.2012.736816

Cromwell, P. R., (2010). "Islamic Geometric Designs from the Topkap Scroll II: A Modular Design System." ***Journal of Mathematics and the Arts,*** 4 (3). https://doi.org/10.1080/17513470903311685

Deheshti, M., Khosh Nejad, M., Mannan Raeesi, M. A., (2019). New Method for Depicting the Motifs of Acute and Obtuse 10 Point Girih. ***Negareh Journal***, 14(51): 53-63. (Text in Persian). https://doi.org/10.22070/negareh.2019.3481.1947

El-Said, I,. Parman, A. (1989). ***Geometric Concepts in Islamic Art,*** Portland: Dale Seymour.

Gulyar, M. (2021). ***Gireh Book, The method of Design Gireh in Iranian Islamic architecture,*** Tehran: Miras ahle Qalam. (Text in Persian).

Hankin, E. (1925). ***The drawing of geometric patterns in saracenic art,*** Calcutta: Government of India. Retrieved from https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=The+Drawing+of+Geometric+Patterns+in+Saracenic+Art.+Memoires+of+the+Archaeological+Society+of+India&btnG

Lorzadeh, H. (2014)***. Ehya-ye Honar Ha-ye Az Yad Rafteh (Revival of Forgotten Arts),*** Tehran: Molavi. (Text in Persian).

Hely., S. A. (1986)***. Gireh and Arch in Islamic Architecture,*** Kashan: Heli. (Text in Persian).

Kaplan, C. S., (2000). "Computer Generated Islamic Star Patterns." ***Bridges.***

Kaplan, C. S., Salesin, D H. (2004). "Islamic Star Patterns in Absolute Geometry." ***ACM Transactions on Graphics,*** 23 (2): 97–119. https://doi.org/10.1145/990002.990003

Kappraff, J., (2001). ***Connections; The Geometric Bridge between Art and Science,*** 2nd Edition, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific.

Khamjane, A., Benslimane, R., Ouazene, Z., (2019). Method of Construction of Decagonal Self-Similar Patterns. ***Nexus Netw J,*** 22, 507–520 (2020). https://doi.org/10.1007/s00004-019-00461-4

Nava'I, K., Kambiz Haji Qassemi, K., (2011). ***Khesht-o Khial; An Interpretation of Iranian Islamic Architecture,*** Tehran: Soroush. (Text in Persian).

Necipoğlu, G., (2017). ***The Arts of Ornamental Geometry.*** BRILL. doi:10.1163/9789004315204

Necipoğlu, G., & Al-Asad, M., (1995). ***The Topkapı Scroll: Geometry and Ornament in Islamic Architecture***: Topkapı Palace Museum Library MSNo Title, Los_Angeles: Getty Center for the History of Art and the Humanities. doi:9780892363353

Nejad Ebrahimi, A., Azizpour Shoubi, A. (2023). 'Application of the hidden layer in the development of Gireh based on Iranian Historical Documentation and monuments' [in Farsi], Theoretical Principles of Visual Arts, (), pp. -. (Text in Persian). https://doi.org/10.22051/jtpva.2022.38900.1376

Nejad Ebrahimi, A,. & Azizpour Shoubi, A. (2020). The Projection Strategies of Gireh on the Irani-

an Historical Domes. ***Mathematics Interdisciplinary Research,*** 5(3), 239–257. doi:10.22052/mir.2020.212903.1187

Mahr al-Naghsh, Mahmoud (-). ***Designing and execution of motif in Iranian tiling of the Islamic period;*** the first book of Gireh. (Text in Persian).

Montazer, B., Soltan Zadeh, H., (2018). 'Reflecting the Regular Pentagon Role in Geometric Patterns of Islamic Architecture of Iran', ***Islamic Art Studies,*** 14(30), pp. 15-40. (Text in Persian). https://www.doi.org/10.22034/ias.2018.91746

Momeni, K., Masoudi, Z., (2016). 'The relationship between culture and architecture (case study: Tehran Museum of Contemporary Art)', Glory of Art (Jelve-y Honar) Alzahra Scientific Quarterly Journal, 8(1), pp. 67-82. https://doi.org/10.22051/jjh.2016.2404

Sarhangi, R., (2012). "Interlocking Star Polygons in Persian Architecture: The Special Case of the Decagram in Mosaic Designs." ***Nexus Network Journal,*** 14 (2): 345–72. https://doi.org/10.1007/s00004-012-0117-5

Shafaei, J (2020). ***The art of Gireh work in architecture and carpentry,*** Tehran: Anjuman Asar and Mafakher (Association of Cultural Works and Honors). (Text in Persian).

Shafizade, A., Soltan Mohammadlo, S. (2020). 'Presentation of the Step by step Model of Knot Drawing Method based on the Principle of Grinding (Generative)', ***Negareh Journal,*** 15(54), pp. 77-93. (Text in Persian). https://doi.org/10.22070/negareh.2020.1239

Sharbaf, A., (2006). ***Gireh and Karbandi;*** Volume I. Tehran: Cultural Heritage Organization. (Text in Persian).

Shirvani, M. R., (2022). '"Hasba" The Method of Drawing Islamic Geometric Patterns in Morocco in Comparison with the Traditional Iranian Radial Method', ***Theoretical Principles of Visual Arts,*** 7(2), pp. 28-39. (Text in Persian). https://doi.org/10.22051/jtpva.2022.38861.1374

Swoboda, E., Vighi, P., (2016). ***Early Geometrical Thinking in the Environment of Patterns, Mosaics and Isometries,*** ICME-13 Topical Surveys. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44272-3

Taganap, E C., Antonette N. De Las Peñas, M. L., (2018). "Hyperbolic Isocoronal Tilings." ***Journal of Mathematics and the Arts,*** 12 (2–3): 96–110. https://doi.org/10.1080/17513472.2018.1466432

valibeig, N., Nazarieh, N., Rahravi, S., (2018). Comparing Study of Mother Gireh in the Drawing Methods Domain, with Offering an Unwrtiten Method**.** ***Journal for the History of Science***, 15(2), 251–274. (Text in Persian). https://doi.org/10.22059/jihs.2019.237807.371406

Willson, J., (1983). ***Mosaic and Tessellated Patterns: How to Create Them,*** with 32 Plates to Color, United Kingdom: Dover Publications.

Zumarshidi, H., (1986). ***Gireh works in Islamic architecture and handicrafts,*** Tehran: University Publication Center. (Text in Persian).

Glory of Art (Jelve-y-honar)
Alzahra Scientific Quarterly Journal
Vol. 15, No. 3, Fall 2023 ,Serial No. 40
Research Paper
http://jjhjor.alzahra.ac.ir/

Readout Gireh Families Based on Hidden Layer in the Underlying Structure [1]

Aref Azizpour Shoubi [2]
Ahad Nejad Ebrahimi [3]

Received: 2023-01-12
Accepted: 2023-05-20

Abctract

The dynamic relationship between culture and art influences both domains significantly. Within various cultures, the adoption of decorative patterns holds particular significance. The selection and evolution of decorative patterns are influenced by each culture's context. Historical artifacts reveal that geometric decorations have long played a central role in human culture, undergoing progressive development over time. A subfield of geometry known as "Girehes" has extensively permeated Iranian-Islamic architecture, directly influencing its aesthetic foundation. The realm of Girehes intertwines mathematics and aesthetics, originating from a context of robust mathematical inquiry. Although historical records are scarce, they suggest that adept practitioners of practical geometry orchestrated the design of Girehes found on historical monuments. However, these designers rarely sought to establish a purely mathematical or theoretical basis for their designs.

Gireh's principles, rooted in mathematical foundations, have captivated contemporary researchers worldwide, owing to their mathematical underpinnings. Surprisingly, adherence to geometric and mathematical principles has not stifled the diversity within design and structure. On the contrary, artists during the Islamic era expanded the scope of geometric patterns with remarkable diversity. Notably, one prominent classification system within Girehes revolves around their respective families. This taxonomy en-

1.DOI: 10.22051/JJH.2023.42569.1911

2- PhD. Student, Department of Islamic Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran
Email: a.azizpour@tabriziau.ac.ir
3- Professor, faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Iran,Corresponding Author.
Email: ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir

compasses Acute, Median, Obtuse, and Two-point categories, based on the angle formed by the lines of the "Shamseh," a central motif that reverberates across the entire Gireh design.

However, it's noteworthy that not all Girehes adhere to a specific angle formed by the Shamseh lines. Nevertheless, a substantial majority of researchers tend to rely on a categorization hinging on angles of 36 degrees (Acute), 72 degrees (Median), 108 degrees (Obtuse), and Two-point, due to their prevalence. It's essential to recognize that the angles attributed to Gireh families are not universally applicable. Variations include Girehes featuring angles of 30°, 60°, 90°, and Two-point, or angles of 45°, 90°, 135°, and Two-point.

To address questions surrounding the diverse angles between star lines leading to Gireh classification into various pattern families and the structural rationale behind the modular arrangement of angles within these families, this study employs a descriptive-analytical approach. It leverages library resources to delve into the structure of six-, eight-, ten-, and twelve-point Girehes, aiming to unveil the geometric underpinnings of Gireh families and the correlation between angles in different families and the Girehes' structures.

Girehes, part of the Islamic artistic tradition, comprise tessellations formed by regular geometric shapes harmoniously arranged to maintain uniformity. Known as "Gireh-Work," this form of geometric decoration often juxtaposes the "Shamseh" motif with polygonal elements to create a balanced composition. Traditional masters and modern research corroborate the notion that Gireh hinges upon a harmonious interplay of components. This interplay, however, is not arbitrary; beneath the Gireh motifs lies a concealed layer, termed the "underlying generative tessellation," elucidating the overall order of Gireh compositions. This generative tessellation forms the basis for drawing Girehes, allowing the placement of various Gireh motifs. Given Shamseh's critical role, artists and masters assign diverse names to it based on the number of Shamseh points. This motif profoundly impacts the overall design, shaping its structure. The foundational stars of Gireh often stem from this process, frequently defined by the connection of midpoints in the underlying polygons, which in turn determines pattern lines.

Shamseh's significance extends beyond the individual motif to dictate the broader Gireh structure symbolically. Consequently, the angle of the Shamseh influences all Gireh motifs and determines their respective families. Three main categories of classification emerge based on the points' arrangement, encompassing eight-pointed, six- or twelve-pointed, and ten-pointed Girehes. Classification by Shamseh angles yields four categories: Acute, Median, Obtuse, and Two-point. In earlier times, artists relied on drawing rules grounded in circle divisions, lacking modern tools to measure line angles accurately. Consequently, Gireh angles were often determined through methods aligned with the number of Shamseh feathers or multiples thereof.

The connection between Shamseh points and Gireh's structure is profound; assuming a Shamseh point count corresponds to a radial division of the circle, the number of Shamseh points shapes the angle structure of the entire pattern family. With α and β representing the angles of Shamseh lines, and P denoting the number of divisions in the pattern family, while F signifies the division number modulus in the Gireh family, the relationship can be expressed as follows:

$$\alpha = \beta = F/P \times 360^\circ = A^\circ$$

This circle division modulation closely corresponds with the fundamental polygons of Girehs. Classification of Gireh families rests on the base polygon, relying on connections of line segments between points on the polygon's sides. Regular polygons can be circumscribed within a circle, aligning the modularization of node families with radial divisions. This arrangement is evident in six-, eight-, ten-, and twelve-point Girehs. If the modularization equals the distance of one unit from the middle points in the base polygon, it's classi-

fied as Acute. Similarly, if the distance equals two units, it's Median. For a three-unit gap, it's considered Obtuse. Finally, the placement of Gireh lines at 1/4 of the polygon's sides or vertices, instead of the middle point, signifies the Two-point family.

Evidence of Gireh's historical reliance on polygon techniques is further demonstrated by the alignment of angles in Gireh families with the angles formed by lines at the polygons' midpoints. Gireh designers effectively harnessed polygons' geometric structure to craft intricate Gireh patterns within an encompassing framework known as the underlying generative tessellation. The division of the circle directly corresponds to the base polygon's grid system. The number of fold divisions dictates the base polygon's sides – a 12-fold division corresponds to a dodecagon, a 10-fold division to a decagon, and an 8-fold division to an octagon. Acute, Median, and Obtuse families are harmoniously woven using lines connecting midpoints in the primary polygon through a generative tessellation. Correspondingly, the Two-point family neatly aligns with the polygonal structure, deviating from the middle point to formulate patterns based on distances from middle points to vertices.

Keywords: Gireh, Generative tessellation, Acute, Median, Obtuse, Two-point.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی