

## بازخوانی خانواده‌های گره بر اساس لایه پنهان در ساختار پایه<sup>۱</sup>

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

عارف عزیزپور شوبی<sup>۲</sup>  
احد نژاد ابراهیمی<sup>۳</sup>

### چکیده

گره‌ها الگوهای هندسی منطبق بر قواعد ریاضیات هستند که در عین پای بندی به قواعد ریاضی دارای ساختاری انعطاف پذیر برای تنوع در طراحی هستند. این انعطاف پذیری از آن جا شکل می گیرد که، گره‌هایی که از یک ساختار واحد مشتق می شوند می توانند به طرح‌های مختلف در خانواده‌های الگوی شان تقسیم شوند. دسته بندی خانواده‌های گره بر اساس زاویه بین خطوط شمسه تعیین می شود که تند، واسطه، کند و شل را شامل می شود. علی رغم این که مطالعات انجام یافته نشان می دهند در دسته بندی های مذکور، تقسیم بندی خانواده‌های گره، متکی بر واحد ۳۶ درجه هستند؛ اما این زاویه در همه گره‌ها صدق نمی کند 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 دسته بندی گره‌ها در انواع خانواده‌های الگو می شود - چیست؟ و (۲) این پیمون بندی زوایا بر اساس چه ساختاری انتظام می یابد؟ این پژوهش با روش توصیفی - تحلیلی و با گردآوری اطلاعات کتابخانه‌ای کار شده است. نتایج پژوهش نشان می دهند: تنوع پذیری در خانواده‌های الگو ارتباط مستقیمی بین موزاییک کاری مولد پایه و خانواده‌های شان دارد؛ و بر اساس پیمون بندی به واسطه نقاط میانی اضلاع چندضلعی اصلی در موزاییک کاری مولد پایه شکل می گیرد، زاویه خانواده‌های گره تعیین می شود که این پیمون بندی بر اساس نقاط میانی با تقسیم شعاعی دایره رابطه برقرار می کند.

**واژه‌های کلیدی:** گره چینی، موزاییک کاری مولد، تند، واسطه، 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](mailto:a.azizpour@tabriziau.ac.ir)

۳- استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، نویسنده مسئول. [ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir](mailto: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 مسائلی که در فرهنگ‌های مختلف به طور خاص دنبال شده است، الگوهای تزئینی 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 تزئینی خاص خود را برگزید و آن را توسعه بخشید. «هنرهای تزئینی 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 مثنی 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 به جای محسوب کردن بی‌نهایت تک‌کاشی‌کاری 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 زیبایی‌شناسی یک بیان انتزاعی از طبیعت است که تصویرسازی مستقیم از آن‌ها برای تزئین بنا در اصول فرهنگ اسلامی نفی شده بود؛ هرچند که بعدها به این محدودیت پای‌بند نماندند و با نفوذ نقش‌مایه‌های مغولی تزئینات اسلیمی به‌وفور در تزئین بنا به‌کار گرفته

شد. «از مدارک اندکی که از گذشته باقی مانده، می‌توان فهمید که طراحان گره‌های به‌جای مانده بر سطوح بناهای تاریخی به‌دانش 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). تزئین 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 اوغلوبه 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 شمس است که کل گره را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اما مساله این است که، همه گره‌ها تابع یک زاویه خاص بین شمس 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 به نظر 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 یاد در دسته ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ درجه و شل قرار می‌گیرند. پاسخ به این پرسش‌ها: (۱) علت تنوع زوایای بین خطوط شمس - 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 سینه‌به‌سینه صورت می‌گرفته است، نام‌گذاری روی گره‌ها در نسل‌های هنری مختلف به صورت گوناگون بوده است. این پژوهش می‌تواند با شناخت ساختاری گره‌ها راه‌حلی مبتنی بر اصول ریاضی برای دسته‌بندی و معرفی گره‌ها ارائه 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)، شعریاف (۱۳۸۵)، زمرشیدی (۱۳۶۵)،

حلی (۱۳۶۵)، گلیار (۱۳۹۹) و ماهرالنقش (بی تا) هستند؛ که در تالیفات خود به معرفی گره و شیوه ترسیم آن می‌پردازند. روش ترسیم ارائه شده توسط این استادان سنتی تکیه بر روش فلکی با استفاده از یک ماتریس هندسی شعاعی است. ولی بیگ و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله «مطالعه مقایسه‌ای گره‌مادر در گستره شیوه‌های ترسیم با ارائه 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 (زاینده‌گی)» به صورت گام به گام خردکردن گره بر اساس روش فلکی را شرح دادند. شیروانی (۱۴۰۱)، در مقاله «حساب» شیوه ترسیم نقوش هندسی اسلامی مراکش در مقایسه با شیوه شعاعی ایرانیان، روش ترسیم مراکشی را تحت عنوان «حساب» با روش شعاعی ایرانی مورد مقایسه قرار داده است که روش ایرانی را روشی با زاینده‌گی 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 چندسطحی 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 ارائه ترسیم گره بر اساس

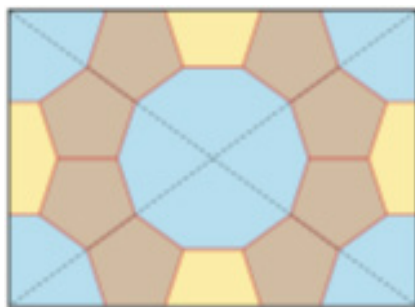
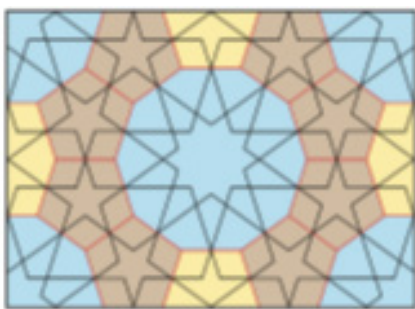
نظم شبه تناوبی پرداخت. هم‌چنین، کاپلان و سلسین (۲۰۰۴)، در مقاله «هندسه محض الگوهای ستاره اسلامی» و امین‌پور و همکاران (۱۳۹۵)، در مقاله «ارایه دوروش جدید در ترسیم گره و مقایسه آن‌ها» به توسعه ترسیم گره‌ها بر اساس مبانی الگوریتم‌رایانشی پرداختند و فن چندضلعی را برای تولید پارامتریک گره‌ها را به صورت الگوریتمیک و زبان برنامه‌نویسی در برنامه متلب به کار گرفتند. دسته دیگر به مباحث نظری بین گره و زمینه‌های توسعه آن پرداخته‌اند. کریچلو (۱۹۷۶)، در کتاب «مضامین جهان شناختی الگوهای هندسی اسلامی» برای رمزگشایی ارتباط گره با حکمت اسلامی تلاش کرده‌است. نجیب اوغلو (۱۳۷۹ و ۲۰۱۷)، در کتاب‌های «هندسه و تزیین در معماری اسلامی (طومار توپکاپی)» و «هنر تزیینات هندسی» برای توسعه عناصر تزیینی مبتنی بر تکامل ریاضیات در جهان اسلام پژوهش کرده‌است. علاوه بر این افرادی چون نژاد ابراهیمی و عزیزپور (۲۰۲۰)، در مقاله «راهبردهای انتقال گره بر سطوح گنبد‌های تاریخی ایران» با نگاه فن‌شناسانه راهبردهای انتقال گره‌ها بر سطح گنبد‌های ایرانی را استخراج کرده‌اند. هم‌چنین، نژاد ابراهیمی و عزیزپور (۱۴۰۱)، در مقاله «کاربرد لایه پنهان در توسعه گره‌چینی بر مبنای مستندات تاریخی در ایران» کاربرد فن چندضلعی را در توسعه گره‌چینی بر اساس مستندات تاریخی جستجو کردند که فن چندضلعی را به عنوان روش طراحی از یاد رفته در توسعه گره‌ها معرفی می‌کنند. پژوهش «روشی نو در ترسیم نقش‌مایه‌های گره ده تند و کند» نوشته دهشتی و همکاران (۱۳۹۸)، از معدود پژوهش‌های است که در آن به ساختار گره بر اساس خانواده الگو پرداخته شده‌است. نویسندگان بر اساس ساختار گره روشی را تحت عنوان ستاره طلایی برای تند و کند کردن آلت‌های گره‌ارایه می‌دهند که مبتنی بر ساختار پنج‌ضلعی است. منتظر و سلطان‌زاده (۱۳۹۷)، در مقاله «بازتاب نقش پنج ضلعی منتظم در نقوش هندسی معماری اسلامی

ایران» به بررسی نظم پنجگانه در ساختارهای گره‌ها پرداختند. با آن‌که پژوهش‌های انجام شده در زمینه گره بسیار گسترده‌است، اما هنوز پژوهشی یافت نشده‌است که به ساختارشناسی گره بر اساس خانواده‌های آن‌ها پردازد، لذا، این پژوهش سعی دارد تا به این موضوع پردازد.

### ساختارشناسی گره

تجمل و پیچیدگی هنر کاشی‌کاری بسیاری از هنرمندان، معماران، ریاضی‌دانان و دانشمندان را جذب کرد. مطالعه کاشی‌کاری‌ها بین ریاضیات و فرهنگ رابطه ایجاد می‌کند (Taganap and De Las Peñas, 2018: 96). موزاییک‌کاری‌ها یک شکل از طراحی هستند که برای هزاران سال در فرهنگ‌های مختلف استفاده شدند (Willson, 1983: 1)؛ که در طول زمان توسعه یافته و پایه شکل‌گیری طرح‌های بعد از خود شدند. طرح گره در مصالح متنوع از جمله چوب، کاشی، سنگ و گچ پیاده‌سازی شده‌است. علاقه زیاد به تزیینات پیچیده و متنوع منجر به توسعه سنت تزیینی گره‌ها از طرح‌های ساده اولیه به طرح‌های پیچیده مانند شاه‌گره‌ها شده‌است. متخصصان بسیاری به توصیف گره‌ها پرداختند که در توصیف گره‌چینی نقل کرده‌اند: «نقش هندسی، که اهل فن آن را گره می‌نامند، یک شاخه از هنر نقش‌پردازی اسلامی را تشکیل می‌دهد. گره، بافت‌های گوناگونی از شکل‌های منظم هندسی است؛ بافت‌هایی پیچیده‌ای که همگی ترکیبی منظم و همگن دارند و می‌توانند تا از همه سو گسترش یابند، بدون آن‌که ترکیب هماهنگ‌شان دستخوش تغییر شود» (نویسی و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰: ۱۷۶). تزیینات هندسی را در هنر ایرانی-اسلامی گره‌چینی یا گره‌سازی می‌نامند و معمولاً ترکیبی است از شمشه‌ها و آلت‌های چندضلعی که در ترکیبی موزون با یک‌دیگر قرار گرفته‌اند (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹: ۱۸۰). هم‌چنین، استادان سنتی این هنر مانند شعرباف، گره‌ها را بر اساس آلات‌های شناخته شده‌ای مانند شمشه، ترنج، پنج ضلعی، پنج

نیز قابل مشاهده است (نژاد ابراهیمی و عزیزپور شویی، ۱۴۰۱: ۱۰۹). نقش شمسه‌ها در گره‌ها بسیار با اهمیت است که استادان سنتی این هنر نیز بر اساس تعداد پره‌های شمسه برای نام‌گذاری گره‌ها استفاده می‌کنند (لرزاده، ۱۳۷۴: ۱۴۵). در حقیقت، این حالت شمسه است که بر کل طرح تاثیر می‌گذارد و ساختار کل طرح را شکل می‌دهد. این روش در ایجاد ستاره‌های اصلی، کاربرد دارد. خطوط الگواغلب، به وسیله خطوط ترسیم، که نقاط میانی چندضلعی پایه اصلی را متصل می‌کند، تعیین می‌شود. روش رایج شده به‌طور تقریبی پیرو نام‌گذاری ج. لی باستان‌شناس است که با شناسایی تعداد اضلاع چندضلعی اصلی نسبت به تعداد اضلاع متوالی در نقطه میانی به نقطه میانی خط برای ایجاد یک ستاره معین کاربرد دارد (AJLee, 1987: 182-197).



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

پر، شش‌بند، سرمه‌دان و... تشریح می‌کنند که در یک سیستم منطقی کنار یک دیگر قرار گرفته‌اند (شعرباف، ۱۳۸۵: ۱۱). بر اساس تعاریفی که از منظر پژوهشگران خارجی و داخلی و هم‌چنان استادان سنتی هنر مطرح شد، می‌توان پی برد که ویژگی مهم گره بر درهم بافتگی آلت‌های تعریف شده بر اساس نظم هماهنگ تکیه دارد. این درهم بافتگی به صورت تضادفی و بدون اصول نبوده است، بلکه بر لایه پنهانی بر زیر موتیف‌های گره تکیه دارد که انتظام کلی گره را تبیین می‌کنند. این لایه پنهان موزاییک‌کاری مولد پایه شناخته می‌شود.

### ۱. موزاییک‌کاری مولد پایه در گره

مساله‌ای که همه متخصصان شرقی و غربی بر روی آن اتفاق نظر دارند، چند لایه بودن ساختار گره‌ها است، که در زیر نقشی که مشاهده می‌شود ساختار نامریی وجود دارد که به کل طرح سامان می‌دهد. بدین‌گونه که کاشی‌کاری آلت‌های گره بر اساس ساختار پایه موزاییک‌کاری انتظام می‌یابد (Nejad Ebrahimi & Azizpour Shoubi, 2020: 243). هر چند همان‌طور که در بخش پیشینه توضیح داده شد، روش‌های طراحی گره بسیار متنوع است. فن چندضلعی در ترسیم گره متکی بر این موزاییک‌کاری مولد پایه است؛ به گونه‌ای که هر نوع آلت‌های گره بر اساس شبکه موزاییک‌کاری مولد پایه جای‌گذاری می‌شود. فهم ارتباط بین گره‌ها و موزاییک‌کاری مولد پایه‌شان با کشف ارنست هنبوری هنکین آغاز شد؛ او در زمان بازدید از یک حمام مغولی در هند متوجه ترسیماتی از چندضلعی‌ها به عنوان طرح خراشیده در زیر نقش گره به عنوان شبکه پایه شد که بر نقوش گره بر اساس آن‌ها شکل گرفته بودند. به واسطه این کشف روش چندضلعی به پژوهشگران این حوزه معرفی شد (Hankin, 1925)؛ و بعدتر این کشفیات بیش‌تر شد که علاوه بر طومار توپ‌قاپی در مشربیه مقبره سلیم چشتی در هند و کاشی‌کاری‌های مقبره گنبد سلطانیه در زنجان

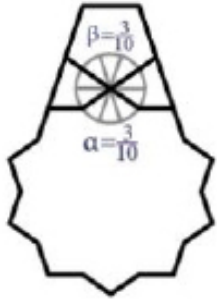

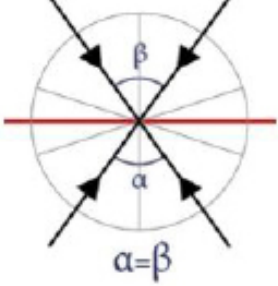
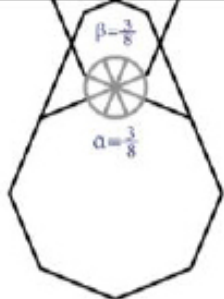
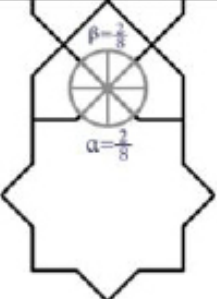
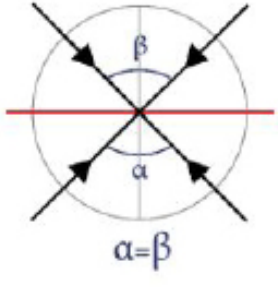
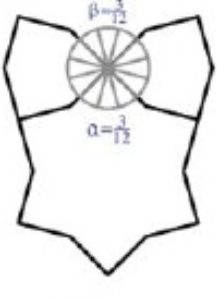

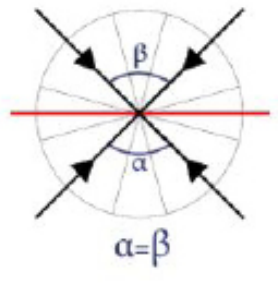
## ۲. خانواده‌های گره

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 الگوبه طراحی و ترسیم می‌پرداختند. «مطابق بیانات کسانی که از نزدیک طراحی استاد شعر باف را مشاهده نموده‌اند، ایشان بر ساختار آلت‌ها کامل تسلط داشت و در زمان طراحی گره‌ها نه بر اساس ترسیم، بلکه با چینش آلت‌ها کنار هم به طرح گره مورد نظر دست می‌یافتند» (نژاد ابراهیمی و عزیز پور، 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 به واسطه 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 خصیصه مهم و نمادین در گره‌ها است که بر ساختار کلی گره‌ها تأثیر می‌گذارد. بر اساس همین قاعده، زاویه شمسه‌ها بر کل آلت‌های گره تأثیر 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 پره یا گره‌های ده پره 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 پره‌های گره ارتباط مستقیمی داشت که یا تقسیم دایره کاملاً برابر با تعداد پره‌های شمسه

بود؛ و یا مضربی انتخاب می‌شد که بر تعداد پره‌های شمسه بخش پذیر 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، 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.

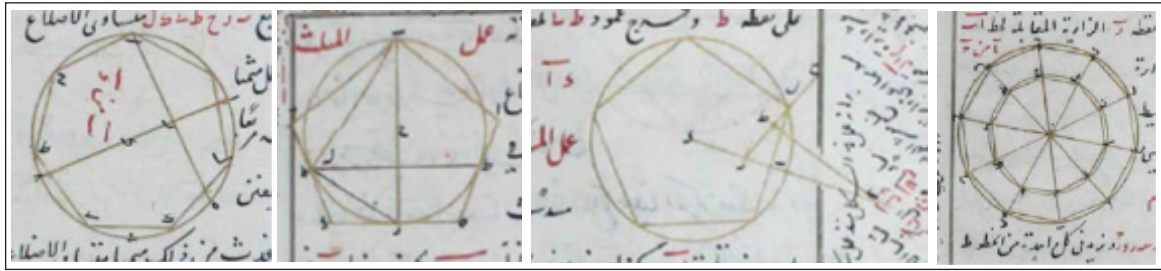
جدول ۱. تعیین خانواده گره بر اساس زاویه شمشه در سه دسته عمده گره‌های شش، هشت و ده (نگارندگان).

گره	شمسه و آلت در مدول ۳ تایی	شمسه و آلت هادر مدول ۲ تایی	نظام دایره‌تایی
نظام مدول بندی در خانواده گره ده‌بهر	 $\alpha = \beta = \frac{3}{10} \times 360^\circ = 108^\circ$	 $\alpha = \beta = \frac{2}{10} \times 360^\circ = 72^\circ$	 $\alpha = \beta$
نظام مدول بندی در خانواده گره هشت‌بهر	 $\alpha = \beta = \frac{3}{8} \times 360^\circ = 135^\circ$	 $\alpha = \beta = \frac{2}{8} \times 360^\circ = 90^\circ$	 $\alpha = \beta$
نظام مدول بندی در خانواده گره شش‌بهر	 $\alpha = \beta = \frac{3}{12} \times 360^\circ = 90^\circ$	 $\alpha = \beta = \frac{2}{12} \times 360^\circ = 60^\circ$	 $\alpha = \beta$

### ارتباط موزاییک‌کاری پایه و خانواده گره

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

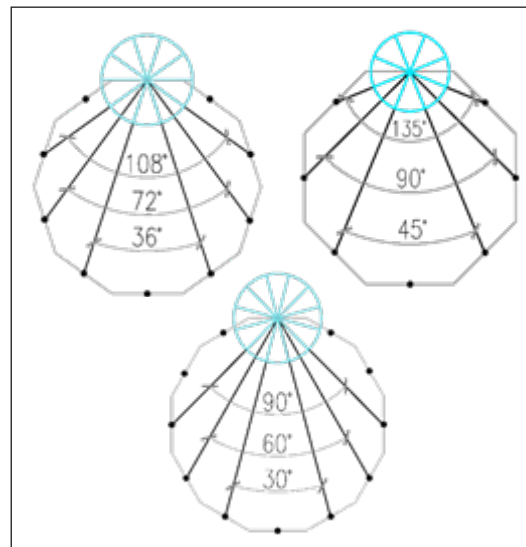
است. یک موزاییک‌کاری مولد پایه - که برای تولید گره‌ها استفاده شده است - غالباً، ترکیبی از چندضلعی‌های منتظم مختلف در یک نظم هماهنگ است. از آنجایی چندضلعی‌های منتظم در دایره محاط هستند، روش‌های آرایه شده برای ترسیم و تقسیم زوایای توسط بوزجانی نیز غالباً بسیار متکی بر تقسیم دایره است (تصویر ۲).



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

انطباق زوایای خانواده الگو با زوایای خطوط قرار گرفته در نقاط میانی چندضلعی‌ها می‌تواند به عنوان 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 از تباط مستقیم با چندضلعی پایه دارد. یعنی در طرح‌های که پیمون‌بندی آن‌ها تقسیمات دوازده‌گانه دارد، چندضلعی اصلی پایه آن‌ها دوازده ضلعی، و در طرح با مدول‌بندی مبتنی بر تقسیم ده‌گانه دایره چندضلعی اصلی پایه آن‌ها ده ضلعی و هم‌چنین، در طرح با مدول‌بندی مبتنی بر تقسیم هشت‌گانه دایره چندضلعی اصلی هشت ضلعی است. بر اساس این چندضلعی است که طرح‌گره 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 گره‌شل 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 تارئوس یک واحد در نظر گرفته شود، هر الگو شل در هر نوع گره بر روی این واحدها شکل می‌گیرد (تصویر ۴).

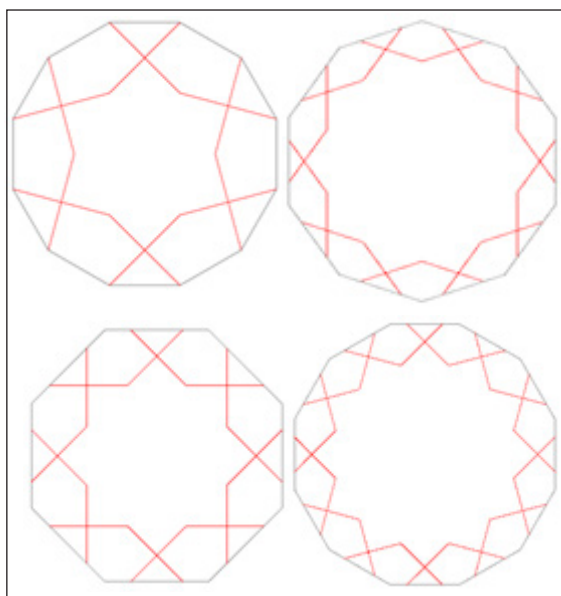
از آن‌جا که چندضلعی‌های منتظم در دایره قابل محاط می‌شوند، زاویه تقسیم‌بندی‌های آن‌ها بر اساس ساختار تقارنی‌شان برابر با تقسیم شعاعی یک دایره است که تعداد تقسیم آن برابر با تعداد اضلاع چندضلعی مورد نظر باشد. از این رو، نظام پیمون‌بندی خانواده گره بر اساس تقسیمات شعاعی منطبق بر چندضلعی پایه است که ساختار گره را شکل می‌دهد. موقعیت محورهای تقارن در چندضلعی‌ها 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 مدول‌بندی در خانواده‌های گره به ترسیم خطوط پردازیم، 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).

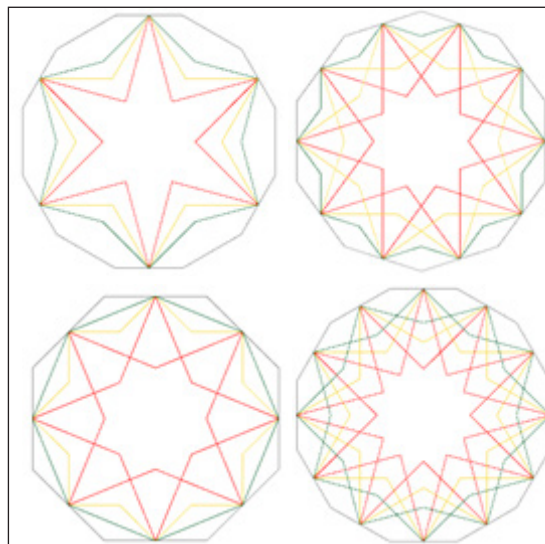


در گره شش پر دوازده ضلعی است و اضلاع یک در میان خالی می ماند، این انتظام گیری به جای ۱/۴ انتظام گیری خطوط در رؤوس اتفاق می افتد. انتظام گیری خطوط در خانواده شل سبب می شود تا طرح شمسه اصلی در مرکز چندضلعی اصلی پایه با فاصله از اضلاع آن شکل بگیرد و سایر آلت های ایجاد شده بر اساس انتظام گیری خطوط شمسه در موزایک کاری پایه با یک در هم آمیختگی همراه باشند (تصویر ۵).



تصویر ۵- انتظام یابی خطوط گره در خانواده های شل (قرمز) در چندضلعی های اصلی (خاکستری) (نگارندگان).

همان طور که بیان شد، طرح شمسه ها خصیصه کلی گره را شکل می دهند. شکل گیری شمسه در موزایک کاری مولد پایه که ترکیبی از چندضلعی های منتظم هستند و ارتباطی تعریف شده در بین آن ها برقرار است، سبب می شود که یک ارتباط منطقی در سرتاسر طرح ایجاد شود و کل طرح تحت تاثیر شمسه شکل بگیرد. از این رو، امتداد خطوط شمسه در چندضلعی اصلی سبب کامل شدن طرح می گردد. بر این اساس واحد الگوی گره های شش، هشت، ده و دوازده پر که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند در موزایک کاری مولد پایه شان ارایه گردیده است (جدول ۲).



تصویر ۴- انتظام یابی خطوط گره در خانواده های تند (قرمز)، واسطه (زرد) و کند (سبز) در چندضلعی های اصلی (خاکستری) (نگارندگان).

- **تند:** بر اساس ترسیم خطوط از نقطه میانی به دو واحد مقابل که زوایای آن ها در گره شش و دوازده پر، هشت پر و ده پر به ترتیب شامل ۳۰، ۴۵ و ۳۶ درجه است.
- **واسط:** بر اساس ترسیم خطوط از نقطه میانی به سه واحد مقابل که زوایای آن ها در گره شش و دوازده پر، هشت پر و ده پر به ترتیب شامل ۶۰، ۹۰ و ۷۲ درجه است.
- **کند:** بر اساس ترسیم خطوط از نقطه میانی به چهار واحد مقابل که زوایای آن ها در گره شش و دوازده پر، هشت پر و ده پر به ترتیب شامل ۹۰، ۱۳۵ و ۱۰۸ درجه است.
- شل:** شکل گیری طرح در خانواده شل نیز تابع چندضلعی ها در موزایک کاری مولد پایه است. تفاوت این خانواده با خانواده های دیگر در این است که به جای انتظام در نقاط میانی چندضلعی پایه خطوط گره بر اساس نقاط ۱/۴ ابتدایی و انتهای اضلاع چندضلعی پایه انتظام می یابند. بر این اساس، در هر ضلع چندضلعی پایه دو نقطه برخورد خطوط گره وجود دارد که بر همین اساس جی بونر این خانواده را معادل دو نقطه ای یا Two-Point معرفی می کند. هم چنین، باید ذکر شود، از آن جا که چندضلعی اصلی

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

	تند	واسطه	کند	شل
گره ده‌پر				
گره هشت‌پر				
گره شش‌پر				
گره دوازده‌پر				

### نتیجه‌گیری

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 تأثیر می‌گذارد. تعداد پرهای گره ارتباط مستقیمی با تعیین زوایای خانواده الگو دارد که پیمون‌بندی

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

آن‌ها مبتنی بر تقسیم شعاعی دایره منطبق بر  $\alpha$  تعداد پرهای شمشه است. اگر در این رابطه به عنوان زوایای خطوط شمشه، عدد  $\alpha \& \beta 360$  به عنوان مدول تعداد P، معادل زوایه دایره به عنوان تعداد F، تقسیمات در خانواده الگو مدول تقسیم در خانواده گره باشد، رابطه‌ای زیر را می‌شود

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

مدول بندی مبتنی بر تقسیم دایره رابطه عمیقی با چندضلعی‌های پایه در گره‌های دارد. تقسیم بندی انواع خانواده گره در چندضلعی پایه متکی بر موقعیتی که یک پاره خط‌های 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 پیمون بندی که در گره‌های شش، هشت، ده، و دوازده پیر 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 به جای نقطه میانی در 1/4 انتهای اضلاع و یا رئوس چندضلعی پایه انتظام یابد، در دسته شل قرار می‌گیرد. هر چند 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 گره چینی 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) به عنوان دسته‌گره‌های دو-نقطه‌ای (Two-points) پیروی می‌کنند که در ترجمه آن کتاب به عنوان گره شل معرفی شد.

## منابع

- امین پور، احمد؛ اولیا، محمدرضا؛ ابوئی، رضا و حاجبی، بیتا (۱۳۹۵). *ارایه دوروش جدید در ترسیم گره و مقایسه آن‌ها، انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران*، شماره ۱۱، ۶۷-۸۳.
- بوزجانی، ابوالوفاء محمد بن محمد البوزجانی (بی‌تا). *فی ما یحتاج الیه العمال و الصناع 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 عزیز پور شویی، 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 نقش مایه‌های 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 کاربرد آن*، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- شفایی، جواد (۱۳۹۹). *هنرگره‌سازی 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 (زاینده‌گی)*، نگره، دوره ۱۵، شماره ۵۴، ۷۷-۹۳.
- شیروانی، محمدرضا (۱۴۰۱). «حساب» شیوه ترسیم نقوش هندسی اسلامی مراکش در مقایسه با شیوه شعاعی ایرانیان، *میانی 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: میانی 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.

from the Topkapı 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 Gireh. *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](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 Rafeh (Revival of Forgotten Arts)*, Tehran: Mola-vi. (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).

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

Necipoglu, 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-

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

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

نجیب‌اوغلو، گل‌رو (۱۳۷۹). هندسه و تزیین در معماری اسلامی، ترجمه مهرداد قیومی بیدهندي، تهران: روزنه.

نژادابراهیمی، احد و عزیزپور شوبی، عارف (۱۴۰۱). کاربرد لایه پنهان در توسعه گره چینی بر مبنای مستندات تاریخی در ایران، *مبانی نظری هنرهای تجسمی*، دوره ۸، شماره ۱، ۱۰۱-۱۱۶.

نوایی، کامبیز و حاجی قاسمی، کامبیز (۱۳۹۰). *خشث و خیال؛ شرح معماری اسلامی ایران*، تهران: سروش.

ولی بیگ، نیما؛ نوشین نظریه و رهروی پوده، ساناز (۱۳۹۶). مطالعه مقایسه‌ای گره مادر در گستره شیوه‌های ترسیم با ارایه و معرفی شیوه‌ای نامکتوب، *تاریخ 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](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0217-7_4).
- Buzjani, M. (-). *Kitāb fi māyah'āy ilayh al-Şānī min al-āmāl 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

terns: *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).

- 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 Unwritten 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 Pat-*

# 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 <sup>1</sup>

Aref Azizpour Shoubi <sup>2</sup>

Received: 2023-01-12

Ahad Nejad Ebrahimi <sup>3</sup>

Accepted: 2023-05-20

### Abstract

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 sub-field 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  $\alpha$  and  $\beta$  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.