

# تحلیل تطبیقی شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی در هنر اسلامی و طراحی روشی بهینه در بازترسیم آثار<sup>۱</sup>

مهدی عزیزی همدانی\*، غلام‌حسین معماریان\*\*، اصغر محمدمرادی\*\*\*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۳

نوع مقاله: پژوهشی - ۲۳-۱

## چکیده

نقوش هندسی با قدمت بیش از هزار سال شاخه‌ای از هنرهای اسلامی است. در قرن اخیر پژوهشگران و شرق‌شناسان علاقه‌مند به هنرهای اسلامی سعی در بیان شیوه‌های متفاوتی برای فهم این نقوش نموده‌اند. هدف این مقاله ارائه روشی بهینه برای شناخت و بازآفرینی نقوش هندسی در معماری اسلامی و ایرانی است تا زمینه به‌کارگیری این الگوها در طراحی امروزی و انتقال دانش به نسل آینده را فراهم سازد. بدین منظور با بررسی چهار شیوه اصلی ترسیم نقوش شامل شیوه‌های چندضلعی، زیرساخت شعاعی، شمسه مرکزی و شبکه‌ای، مزایا و محدودیت‌های هر شیوه از طریق مطالعه متون تاریخی، کتب استادکاران و ارزیابی معیارهایی مانند دقت هندسی، انعطاف‌پذیری و سهولت آموزش مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان می‌دهد روش‌های ترسیمی عموماً امکان ترسیم تعدادی از نقوش هندسی را فراهم می‌کنند و تنها بازترسیم دقیق طرح‌های تاریخی را ممکن می‌کنند، اما بستری برای ابداع نقوش جدید با حفظ چارچوب هندسی اصیل فراهم نمی‌سازند. اگرچه شیوه‌هایی مانند شبکه‌ای برای الگوهای ساده یا چندضلعی برای تنوع طرح‌ها مفیدند، اما در مواجهه با نقوش پیچیده و ترکیبی انعطاف کمتری دارند. در انتها با بیان هدف اصلی شیوه ترسیم نقوش هندسی که فهم و بازترسیم نمونه‌های موجود در بناهای تاریخی است، روشی بهینه در فهم و بازترسیم این نقوش ارائه گردید. بدین منظور در چهار مرحله شامل شناخت و رابطه شمسه‌ها و زمینه قابل تکرار و زوایای به‌کار رفته در گره و اتصال فاصله بین شمسه‌ها شیوه بهینه تبیین شده و در انتها با سایر شیوه‌ها مقایسه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** نقوش هندسی، گره، روش بهینه، شیوه چندضلعی، شبکه‌ای، زیرساخت شعاعی.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری مهدی عزیزی همدانی با عنوان تدوین روشی بهینه در فهم نقوش هندسی است.

\* دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

\*\* نویسنده مسئول: استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

\*\*\* استاد گروه مرمت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

## بیان مسئله

یکی از اصول مهم معماری گذشته ما رعایت هندسه از طراحی پلان تا جزئیات معماری است. این اصل ابزاری را برای روند طراحی داشته است که خود در لایه جزئی تر شامل اصولی بوده است که صرفاً محدودکننده نبوده و باعث می شده تا معمار ابزار کارآمدی برای طراحی در اختیار بگیرد، این ابزار امروزه ناشناخته بوده و یا شناخت از آنها به گونه ای است که نمی تواند در خدمت روند طراحی معماری قرار گیرد. در بیشتر کتب معماری ایرانی بر نظام فضایی و ارتباط فضاها و سلسه مراتب و گردش فضاها تأکید شده است و اصولی از این موارد استخراج شده است و اما اصول حاکم بر آرایه ها و نمای ساختمان و نظام هندسی آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهشگران حوزه هنرمند معماری در برخورد با آرایه ها و به خصوص نقوش هندسی در بهترین حالت توصیفات کلی را از زمینه و شمسه ارائه و اکثراً شیوه قاعده مندی را تا به حال بیان نمی کنند. این توصیف ها که سعی می نمایند دقت کافی را داشته باشند؛ ولی به ندرت فراتر از گونه های شمسه و واگیره های مربع یا مثلث پیشرفته اند و (Bonner, 2017: 154). پژوهشگران این عرصه که به شناسایی آرایه های معماری اسلامی و ایرانی پرداخته اند عموماً در مرحله توصیف آرایه ها متوقف شده اند. استاد شعراف در کتاب گره و کاربندی در این خصوص می گوید:

در طی سال هایی که تعمیر آثار تاریخی را انجام داده ام با بسیاری از پژوهشگران مهندسان معمار و دانشجویان آشنا شدم که در معماری ایران تحقیق می کردند. آنها در اولین مراحل تحقیق دریافتند که لازم است از تزیینات و کاربندی های به کاررفته در آثار معماری سرزمین ما شناخت کاملی داشته باشند؛ بنابراین به هر منبع و مرجعی که

احتمال داشت در این شناخت کمکشان کند را آورده اند؛ اما اطلاعاتی که به دست آوردن بیشتر مربوط به تاریخ تزیینات و کاربندی بود. درباره چگونگی ترسیم و اصول ساختمان انواع آنها با همه اشتیاقی به ادامه تحقیق داشتند متأسفانه در اولین گام ها از حرکت باز می ماند (شعراف، ۱۳۸۵: ۷).

نقوش هندسی به عنوان یکی از میراث های هنر ما باید برای طراحان ما قابل فهم بوده و با مواجهه با بناهای تاریخی و مقابر و ابنیه مذهبی امکان بازترسیم آنها برای معماران وجود داشته باشد (ر.ک: زمرشیدی، ۱۳۹۵). در مورد این نقوش شیوه های ترسیم متنوعی در قرن اخیر تبیین شده است. بعضی با شیوه های سنتی پرگار و خط کش و بعضی با ابزار جدید و نرم افزارها قابلیت اجرا دارند. اینکه کدام یک از این شیوه های ترسیم بهینه ترین شیوه برای بازترسیم نقوش موجود در بناهای تاریخی است و این امکان را می دهد که به شیوه سهل و آسان و با قابلیت تعمیم حداکثری نسبت به توجیه نقوش اقدام نماید موضوعی است که در این مقاله تبیین می گردد. با بررسی این شیوه ها در نهایت به روشی بهینه در فهم نقوش هندسی دست یافته که قابلیت کاربست در معماری امروز را داشته باشد. این قابلیت شامل فهم نقوش هندسی در ابنیه تاریخی و آموزش صحیح و گسترده قواعد نقوش هندسی برای دانشجویان و در حلقه آخر کاربست آن در طراحی معماری در حوزه آرایه ها خواهد بود.

## پیشینه پژوهش

بررسی شواهد تاریخی از کتب و طومارهای به جامانده از تمدن اسلامی نشان می دهد طراحان نقوش هندسی نسبت به ساماندهی نقوش هندسی در داخل یک دسته بندی مشخص اقدام نکرده اند. تومارهای به جامانده یک مجموعه گزینشی

در حالی که این دسته‌ها نسبتاً محدود به نظر می‌رسند در آن زمان این مجموعه سهم قابل توجهی در گسترش علاقه به این موضوع در سراسر اروپا داشت و همچنین این کتاب مرجع برای نقوش هندسی تا امروز است (Bonner, 2017: 154)

در مرحله بعد دسته‌بندی نقوش هندسی با پالایش و ساماندهی در ربع آخر قرن بیستم با انتشار چندین کتاب در خصوص نقوش هندسی از جمله کیث کریچلو<sup>۳</sup> و داوید وید<sup>۴</sup> و عایشه پارمان<sup>۵</sup> و السعید شروع شد تحلیل‌هایی که عموماً مبتنی بر شناخت نقوش هندسی با کیهان‌شناسی و یا منطق ریاضی بود (کریچلو، ۱۳۸۹: ۱۵). و پایه آن شیوه توجیه‌کننده ترسیم نقوش هندسی نبود این منابع عموماً از روش شمسه مرکزی برای ترسیم نقوش هندسی استفاده نموده‌اند. بعضی مطالعات متأخر شامل نظم دادن به الگوهای است که به‌طور پیچیده به شبکه ایزومتریک و متعامد تکرار می‌شوند. در نمونه‌های ایزومتریک از مثلث‌ها شش ضلعی‌ها و شمسه‌های شش استفاده شده، اینها نقوش هندسی است که به‌طور فزاینده‌ای کل شمسه را برای رأس‌های شبکه تکرار شونده مورد استفاده قرار داده و همیشه کانون تقارن چند برابر عدد سه می‌باشد برای مثال شمسه‌های ۹ یا ۱۲ یا ۱۵ و در برخی از مطالعات نقوشی با پیچیدگی بیشتر به دست می‌آید که مناطقی بیشتر از یک کانون تقارن را دارند. مطالعات جامع‌تر شامل طرح‌هایی با بیشتر از یک ناحیه کانون تقارن مانند نقوش ترکیبی با شمسه هشت و هشت و دوازده و یا هشت و دوازده و همچنین هشت و بیست و چهار می‌باشد (وید، ۱۹۷۶: ۶۳). جامع‌ترین مجموعه مدون قرن بیستم از نقوش هندسی توسط گرداشناید<sup>۶</sup> ۱۹۸۰ منتشر

از نقوش هندسی شامل خوشنویسی کوفی، کاربرندی، قسمت‌های ترکیب گنبد و طیف گسترده از نقوش هندسی دوعبده را شامل می‌شود. این طومارها دارای هیچ توالی منطقی در استقرار طرح‌های منحصربه‌فرد خود نیستند و البته این موضوع به این معنا نیست که طراحان آرایه‌ها دارای فهم تمایزات هندسی در این آرایه‌ها نبودند؛ بلکه برعکس طیف کاملی از پیچیدگی در این سنت طراحی درک واضحی را فراهم می‌کند که هنرمندان دارای دانش پیچیده‌ای از تنوع نقوش هندسی لیکن به‌صورت مدون آن را تدوین نموده‌اند (ر.ک: Bonner, 2017).

تاریخ دسته‌بندی نقوش هندسی اسلامی از قرن نوزدهم شروع می‌شود، نقوش هندسی محدود در دسترس هنرمندان غربی با اصول زیبایی‌شناسی جدید توضیح داده می‌شوند (Necipoğlu, 1995: 67). در سال ۱۸۵۶ کتاب گرامر تزیین توسط اوئن جونز<sup>۱</sup> انتشار یافت که شامل طرح‌های هندسی متعدد از منابع مسلمان بود. اصل سازماندهی پشت این آثار به‌جای اینکه هندسه باشد بر مبنای اقوام بود. فصل‌هایی به تزیین عربی، ترکی، ایرانی و هندی اختصاص داده شده بود و نمونه‌هایی از نقوش هندسی در این قسمت‌ها به‌طور دلخواه در کنار طرح‌های اسلیمی و خوشنویسی ترتیب داده شده بود. اولین کار برای سازماندهی نقوش هندسی داخل یک دسته‌بندی در سال ۱۸۷۹ توسط معمار و نظریه‌پرداز جولز بورگین<sup>۲</sup> چاپ گردید. ۱۹۰ طرح هندسی که این مجموعه را تشکیل می‌دهند به هشت دسته عددی و هندسی تقسیم می‌شوند نقوش شش ضلعی، هشت ضلعی، دوازده ضلعی، نقوش ترکیبی با دو شکل شمسه متفاوت از جمله گره ترکیبی هشت ضلعی و مربع، نقوش با شمسه هفت و نقوش پنج با شمسه ده شامل می‌شود.

3. Keith Krichlow

4. David Wade

5. El-said and Parman

6. Gerd Schneider

1. Jones

2. Bourgojn

شد. این کتاب بر نقوش هندسی سلاطین سلجوقی متمرکز است که تحت حمایت آنها این سنت تزئینی را تولید کرده‌اند. اشنایدر (Cromwell, 2023: ۴۰۴) الگورا ارائه می‌دهد (5) که براساس ساختار تکرارشونده متفاوت نیستند؛ بلکه در مجموعه‌ای از موضوعات بصری شامل خوشنویسی کوفی بنایی، طرح‌های آجری متعامد طرح‌های گنبدی آجری طرح‌های چلیپاهای، طرح‌های کتیبه رخیام و طرح‌های نقوش هندسی دو سطحی و نقوش شمس با نقاط گسترش یافته و منقوش هندسی با شمسی ۱۰ و ۱۲ و ۱۴ و ۱۶ و ۱۸ یا نقوش هندسی پیاده‌سازی بر روی گنبدها و نیم‌کره‌ها دیده می‌شود. مزیت کار اشنایدر نقوش هندسی ارزشمندی است که در سایر منابع ارائه نشده است (Bonner, 2017: 157). ژان ماک کاسترا<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۹ بر طرح‌های هندسی متنوعی از نقوش هندسی مراکشی تمرکز کرد. این کار شامل طرح‌های متعامد با تعداد زیادی از نقوش با شمس‌های ۹۶ و خانواده شمس‌شش و ده و نقوش هندسی با شمس‌های ترکیبی است. همچنین در خصوص نقوش دارای خواص خود متشابهی در این کتاب بحث شده است (Castera, 1996: 276). تفاوت روش‌های توصیفی با روشی که امکان باز تولید قاعده‌مند و غیرقاعده‌مند را در نقوش هندسی بیان نماید توسط جی بونر<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۳ ارائه شده، او چهار قاعده را برای طراحی نقوش هندسی تبیین کرد. (ر.ک: Bonner, 2003). الگوی اول نقوش شمس شش و شمس هشت را طراحی کرده و الگوی دیگر می‌تواند شمس هشت را ایجاد نماید و الگوی چهارم شمس‌های ده را پوشش می‌دهد. همچنین در این کار سه نوع متمایز طرح‌های گره در گره با خصوصیات خود متشابه ارائه

شده است. گروهی دیگر از پژوهشگران که متکی بر دانش ریاضی بوده‌اند کاربرد نقوش هندسی هفتگانه را با گروه‌های تقارن ۱۷گانه توسعه داده‌اند در سال ۱۹۴۴ تعدادی از ریاضی دانان و بلورشناسان کارهای مختص به این موضوع را منتشر کردند. سیدعباس و عامر شاکر سلمان در سال ۱۹۵۵ در کتاب همارستگی نقوش هندسی سعی نمودن ۲۴۸ نقش هندسی را در رده‌های تقارن بلورشناسی تقسیم نموده و یک نظام کاملی از آرایه‌های در اختیار خود ارائه دهند (ر.ک: سلمان، ۱۹۹۵). افرادی نیز به جنبه‌های دیگر نقوش هندسی پرداخته‌اند که می‌توان بر استفاده نقوش در بناهای مذهبی و مقابر اشاره نمود (زمرشیدی، ۱۳۹۵: ۶).

شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی بازه گسترده‌ای دارند. هر یک از پژوهشگران با توجه به منابع در اختیار و همچنین زمینه دانشی خود به توجیه و تبیین نقوش هندسی اقدام نموده‌اند، افرادی که مبنای ریاضی داشته‌اند سعی نموده‌اند نقوش هندسی را مبتنی بر اصول ریاضی تقسیم‌بندی و تبیین نمایند و پژوهشگران دیگر با مبنای هنری سعی در تبیین ریشه‌های نقوش هندسی داشته‌اند. محققان متعددی در این حوزه ورود کرده‌اند، می‌توان از دیدگاه استادکارانی مانند استاد لرزاده (لرزاده، ۱۳۵۸) تا استاد شعرباف (شعرباف، ۱۳۸۵) و علی‌اکبر حلی (حلی، ۱۳۶۵) و محمود ماهرالنقش (ماهرالنقش، ۱۳۶۱) حسین زمرشیدی (زمرشیدی، ۱۳۶۵) و محمدگلیار (گلیار، ۱۳۹۹) بهره برد و از طرف دیگر محققانی که با ابزار و نرم‌افزارهای جدید نقوش هندسی را ترسیم کرده‌اند از جمله جی بونر<sup>۳</sup> و میراک مجیسکی<sup>۴</sup> و ژان ماک کاسترا<sup>۵</sup>

3. Jey bonner

4. Mirak Majewski

5. Jan M.Castera

1. Castera

2. Bonner

که به ترسیم نقوش هندسی با روشی خاص پرداخته‌اند. تنوع نقوش هندسی دسته‌بندی براساس معیارهای متفاوت را الزامی می‌نماید دسته‌بندی نقوش هندسی ابزار مفیدی برای سخن محاوره توصیفی ارائه می‌دهد؛ لذا در این مقاله چهار شیوه که بازه گسترده‌ای از پژوهشگران معاصر بر مبنای آن نقوش هندسی را تحلیل و سپس ترسیم نموده‌اند بیان شده و موضوع شیوه‌های بررسی و تحلیل قواعد شکل‌دهنده نقوش هندسی بیان می‌گردد. به نظر می‌رسد برای دستیابی به اصولی که بتواند تجربه طراحان‌ه‌ای در اختیار معماران در حوزه آرایه‌ها و نقوش هندسی بگذارد، ابتدا نیاز به شیوه مشخصی برای فهم قواعد هندسی است که در نقوش هندسی یافت می‌شود.

### شیوه تحقیق

جهت شناخت انواع شیوه‌های مواجهه با نقوش هندسی ابتدا با مطالعه کتابخانه‌ای نسبت به شناخت کتب موجود در این حوزه اقدام شد. این منابع شامل منابع تاریخی از جمله طومارها و کتب تألیفی استادکاران سنتی و پژوهشگران معاصر است. با بازدید از بناهای تاریخی و برداشت نقوش هندسی پیاده‌سازی روش‌های موجود انجام شد. استفاده تجربی از آموخته‌های نظری و عملی که نزد استادکاران و سایر پژوهشگران هر یک در یکی شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی ماهر بودند یکی دیگر از منابع مورد استفاده در پژوهش بوده است. سپس با گفت‌وگو با تعدادی از افراد متخصص در این حوزه سعی گردید اطلاعات کاملی از نحوه ترسیم نقوش هندسی جمع‌آوری شود و نسبت به تحلیل و یافتن نقاط قوت و ضعف هر یک از شیوه‌های موجود، اهداف هر یک از شیوه‌ها مشخص گردد و از این طریق به شیوه بهینه بدست آید. با این توصیف، روش تحقیق در پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و همچنین استدلال منطقی است

که از دو استراتژی کمی و کیفی به منظور تحلیل یافته‌ها استفاده می‌شود.

### اصول و قواعد بررسی نقوش هندسی

شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی می‌بایست دارای اصول و قواعد مشخصی باشند تا بتوان آنها را به‌عنوان روشی قابل قبول برای ترسیم نقوش هندسی پذیرفته شوند. برای این امر منابع مختلف بررسی شده و اصول زیر برای شیوه‌های به‌دست آمده است. از جمله در کتاب الگوهای هندسی اسلامی (ر.ک: Bonner, 2017) و مجموعه مقالات بررسی روش چندضلعی (ر.ک: Majewski, 2022) بدین اصول پرداخته‌اند. همچنین استاد لرزاده و شعرفاف به اختصار در این موضوعات نکاتی را بیان داشته‌اند. نکته مهم این که اصول دیگری نیز جهت تفصیل در منابع گفته شده است که جهت اختصار از بیان آنها صرف نظر شده است. شیوه‌های مورد بررسی در این مقاله باید اصول زیر را داشته باشند.

- هر شیوه طراحی نقوش هندسی باید یک منطق داخلی داشته باشد و روش شناسی روشنی داشته باشد تا بتوان یک شیوه ترسیم شناخته شود.

- کنار هم گذاشتن آلات نقوش هندسی به‌صورت سعی و خطا متد طراحی نقوش هندسی نیست.

- روشی جامع است که بیش‌ترین امکان ترسیم گونه‌های مختلف نقوش را بدهد.

- منطق داخلی باید صرفاً جهت تحلیل نقوش نباشد و امکان ترسیم نقوش جدید را بدهد.

- شیوه ترسیم نقوش هندسی باید قواعدی اصلی از جمله امتداد خطوط در نقطه برخورد به خطوط دیگر و یا استفاده از واگیره‌های تعریف شده با حداقل یک محور تقارن و قرارگیری آلات در یک زمینه و یا برش متقارن آنها در لبه زمینه را داشته باشد.



بعضی از نقوش هندسی در ابنیه تاریخی از قوانین گره فوق الذکر پیروی نمی‌کنند. به نظر می‌رسد که طراحان تاریخ هنر اسلامی همیشه اهمیتی به قرار دادن نقوش هندسی صحیح در زمینه نداشته‌اند؛ بنابراین ما اغلب خطاهایی را نزدیک لبه یک نقش مشاهده می‌شود. قاعده امتداد خطوط در نقطه برخورد با شبکه زیرساخت چندضلعی به خاطر به دست آوردن اشکال متقارن نقش هندسی گاهی نادیده گرفته می‌شود. به طور کلی، یک نقش برای هنرمندان ترکیبی از آلات هندسی است نه شبکه‌ای از خطوط؛ بنابراین تقارن اشکال مهم‌تر از دوشاخه یا خم شدن خطوط الگو بود (ر.ک: Majewski, 2022).

همچنین بررسی اصول ذکر شده در منابع از جمله مجیسکی، بونر و استادکاران ایرانی به مانند لرزاده و حلی و شعریاف نشان داد شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی باید مراحل زیر را در ترسیم نقوش هندسی رعایت کنند.

- چارچوب<sup>۱</sup> به‌طور صحیح طراحی شود. (مبنای هندسی دقیقی داشته باشد).

چهارچوب می‌تواند از چندضلعی‌های منظم جا پرکن یعنی مربع و مثلث و شش ضلعی باشد و یا ترکیبی از چندضلعی‌های منظم که حالات آن مشخص است و یا لوزی‌های جا پرکن و یا مستطیل باشد.

- شبکه گره<sup>۲</sup> درون چارچوب ترسیم شود و عدم استفاده از خطوط راهنما خارج از چارچوب

- آلات هندسی<sup>۳</sup> داخل شبکه ترسیم شود و در صورت خرد شدن آلات از محور تقارن نصف و یا یک چهارم استفاده شود. از آلات هندسی با از شکل‌های نامانوس استفاده نشود.

- قالب اولیه<sup>۴</sup> تکمیل شده و تکثیر قالب به شیوه تقارن بازتاب محوری، کانونی، چرخشی صورت پذیرد.

با بررسی قواعد فوق از میان شیوه‌های ذکر شده برای ترسیم نقوش هندسی شیوه‌هایی مانند شیوه حلقه (ر.ک: سلیمان، ۲۰۱۴) و یا شیوه امتداد خطوط بودن (ر.ک: Bonner, 2012) به علت محدودیت‌ها و یا عدم رعایت اصول طراحی و مراحل فوق کنار گذاشته شدند و چهار شیوه چندضلعی‌ها<sup>۵</sup> شیوه زیرساخت شعاعی (استادکاران) شیوه زیرساخت شعاعی شمسه مرکزی<sup>۶</sup> شیوه شبکه‌ای (شطرنجی)<sup>۷</sup> مورد بررسی قرار گرفته و ویژگی هرکدام از این شیوه‌ها به صورت تفصیلی بیان شده است.

### شیوه چندضلعی

کثرت شواهد تاریخی از منبع متعدد از جمله تذهیب نسخ قرآن طومارهای طراحی و نمود آن در بناها نشان از استفاده از شیوه چندضلعی در ترسیم نقوش هندسی دارد. بونر این شیوه را شیوه‌شناسی بنیادین هنرمندان اسلامی می‌داند. این شیوه به نام‌های مختلفی از قبیل شیوه هنکین<sup>۸</sup> (به خاطر ارنست همبری هینکین که نخستین بار به کاربرد این شیوه‌شناسی در ادوار گذشته پی برده) و یا شیوه اتصال در لبه، نام‌گذاری شده است. بونر عبارت فن چندضلعی را به خاطر سادگی و دقت توصیف آن ترجیح داده و در نوشته‌های خود سازوکار چندضلعی مرتبط با فن چندضلعی را به نام شبکه پایه خوانده است (Bonner, 2017: 13).

4. contour

5. Polygonal Technique

6. The Point-Joining Technique

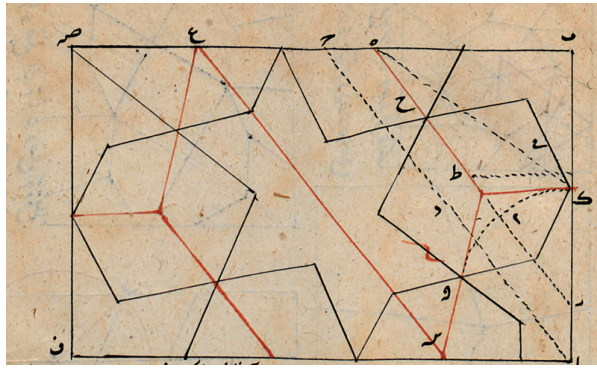
7. The Grid Method

8. Hankin

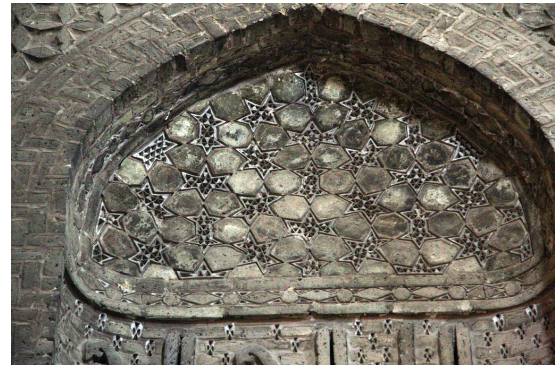
1. contour

2. Network (rassian terminology) or tile tessellation

3. tiles



تصویر ۲- ترسیم گره سر مه‌دان در رساله ناشناس (Necipoğlu, 2017)



تصویر ۱- تصویر محراب مسجد جامع اصفهان (Bonner, 2017)

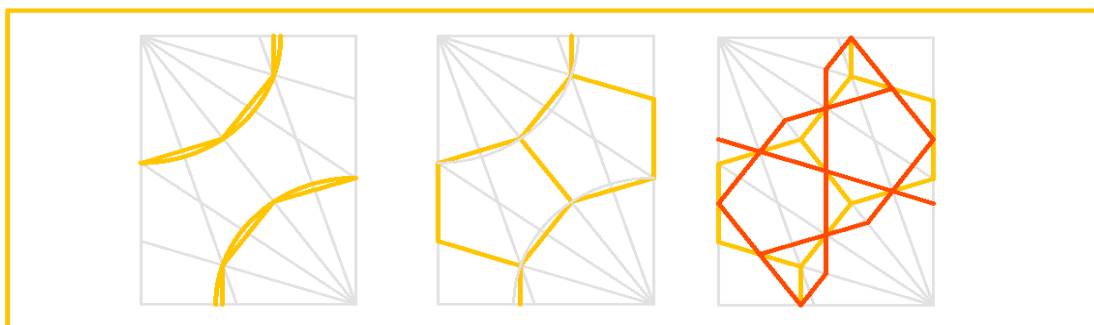
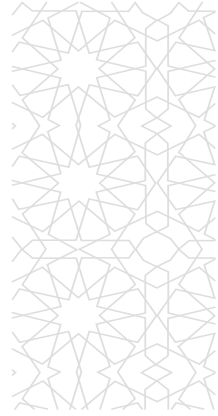
افرادی مانند تولی لی<sup>۱</sup> در دستنویس خود براساس روشی مشابه به نامه چندضلعی بر لبه<sup>۲</sup> شیوه ریاضی را برای تبیین نقوش هندسی استفاده کرده است. ایمان سلیمان در مقاله‌ای شیوه ترسیم نقوش استاندارد (سلیمان، ۲۰۱۴: ۹) را مبتنی بر ارتباط چندضلعی‌ها با یکدیگر به خوبی تبیین کرده است.

ترسیم نقوش هندسی شامل ۴ مرحله می‌گردد. این ۴ مرحله شامل ترسیم چارچوب، ترسیم شبکه زیرساختی یا شبکه گره، ترسیم آلات هندسی و توسعه چهارچوب است. مرحله اول ترسیم چارچوب است. گره ده مادر یا ام‌الگره می‌توان چارچوب را مطابق تصویر سه در یک شبکه چندضلعی مشترک ترسیم نمود. نکته مهم اینکه برای ترسیم شبکه چندضلعی به مانند شیوه خط‌کش و پرگار استادکاران نیاز به ترسیم شبکه چندضلعی است. در شکل سه به نحوه ترسیم شبکه زیر ساخت گره ده پرداخته می‌شود. ابتدا چارچوب به صورت دلخواه ترسیم می‌شود و بعد تقسیمات ۵ گانه با زاویه چرخش ۱۸ درجه انجام می‌شود. سپس این تقسیمات از نقطه مقابل هم ترسیم می‌شود و دایره‌ای از محل برخورد شعاع دوم و خط چارچوب ترسیم شده و پس از آن یک چهارم ده ضلعی ترسیم می‌شود. با این شیوه زمینه چندضلعی ام‌الگره ترسیم می‌گردد.

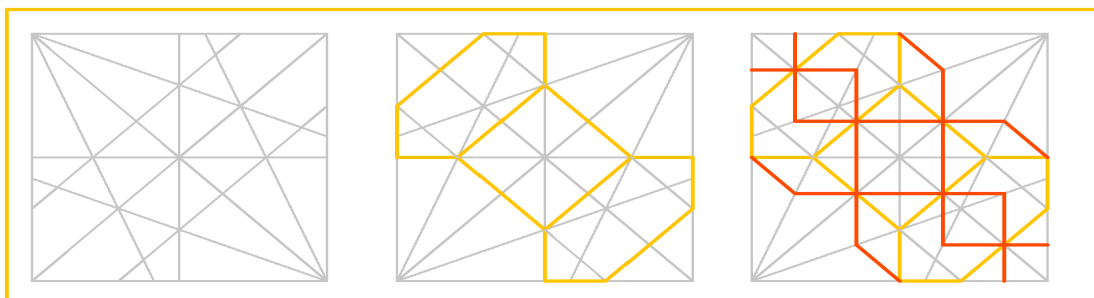
در نقاط کلیدی یک چندضلعی مانند نقاط میانی هر ضلع، خطوط اصلی گره ترسیم می‌گردند و بر روی شبکه زیرساخت، چندضلعی‌ها ترسیم می‌شوند. بسته به زوایای نقش هندسی به این شیوه می‌توان چندین طرح را پیاده‌سازی کرد. در مقایسه نقوش هندسی هیچ شیوه ترسیمی دیگری نمی‌تواند این سطح از انعطاف‌پذیری و برابری تنوع را دنبال نماید. ظاهراً هنرمندان مسئول توسعه و ارتقای نقوش هندسی با توجه به شیوه خاص انتقال دانش بین نسل‌ها بدین شیوه بصیرت داشته‌اند و هیچ منبع شناخته‌شده‌ای وجود ندارد که ادعا کند شیوه محرمانه‌ای توسط افراد و راسته‌های هنرمندان سنتی استفاده می‌شده است. اولین نمونه از این چهارچوب‌ها در یک نقش هندسی مبتنی بر شمسه هفت یافت شده است. هوخاندیک در توضیح این نقش در رساله فی تداخل الاشکال متشابه و المتوافقه نحوه ترسیم این شبکه زیرساخت چندضلعی را توضیح داده است (Necipoğlu, 2017: 348) و بونر آن را منطبق با طاق‌نمای گنبدخانه مسجد جامع اصفهان بیان نموده است (Bonner, 2017: 188) در تصویر ۲ خطوط قرمز رنگ که یک شش ضلعی کشیده را در وسط ترسیم شده و سر مه‌دان در درون آن جای گرفته است و خطوط اصلی چندضلعی زیرساخت برای ترسیم این نقش هندسی به کارگرفته شده است.

1. Toni Lee

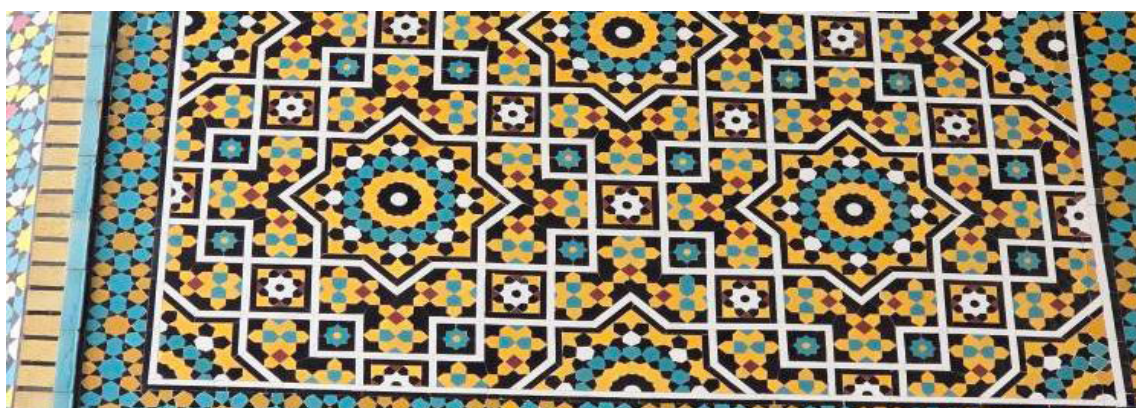
2. PIC ( polygon in contact)



تصویر ۳- ترسیم گره ده کند و مراحل ترسیم شبکه چندضلعی (tessellation)



تصویر ۴- ترسیم زیرساخت در شمسه هشت و زهره و مربع



تصویر ۵- صحن آتابکی حرم حضرت معصومه- مبنای ترسیم گره هشت در چهار شیوه ترسیم نقوش هندسی

تعدادی از اشکال چندضلعی را در تصویر پنج آمده که شامل لوزی<sup>۱</sup> و شش طولانی<sup>۲</sup> و تراپوزیوم دابل (دوزنقه)<sup>۳</sup> می‌گردد. این اشکال با ده ضلعی منتظم می‌توانند تعداد زیادی از نقوش هندسی گره ده را ترسیم نمود. یکی از ویژگی‌های شیوه چندضلعی و مزیت‌های آن نیز تولید تعداد زیادی از نقوش هندسی بایک شبکه زیر ساخت است.

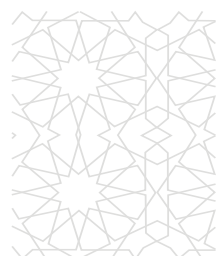
مهم‌ترین وجه تمایز شیوه چندضلعی‌ها تفاوت در ترسیم شبکه زیر ساختی است. شبکه زیرساختی مورد استفاده در شیوه چند ضلعی‌ها تشکیل شده از چندضلعی‌های منتظم و شبه‌منتظم است. اکثر نقوشی که مشاهده می‌شود از اشکال شبهه منتظم در شبکه زیرساخت خود استفاده می‌کنند. اشکال منتظم نیز در بعضی از نقوش هندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. rhombus

2. Long hexagon

3. trapezium

۴. این اصطلاحات توسط میروسلاو مجیسکی و جی بونر مورد استفاده قرار گرفته است.







تصویر ۷- تصویر گره ترکیبی ۱۰ و ۱۲ در رساله فی تداخل الأشکال - منبع: هنر نقوش هندسی تزیینی ص ۳۴۱

	Acute Family with 36° contact angles	Median Family with 72° contact angles	Obtuse Family with 108° contact angles	2-Point Family with 36°/144° supplementary angles
Decagon				
Pentagon				
Barrel Hexagon				
Concave Hexagon				
Long Hexagon				
Wide Rhombus				
Thin Rhombus				
Octagon				

تصویر ۶- چندضلعی‌های شبهه منظم بکار رفته در گره ده (تند و کند و شل) (بونر، ۲۰۱۷)

## شیوه زیرساخت شعاعی

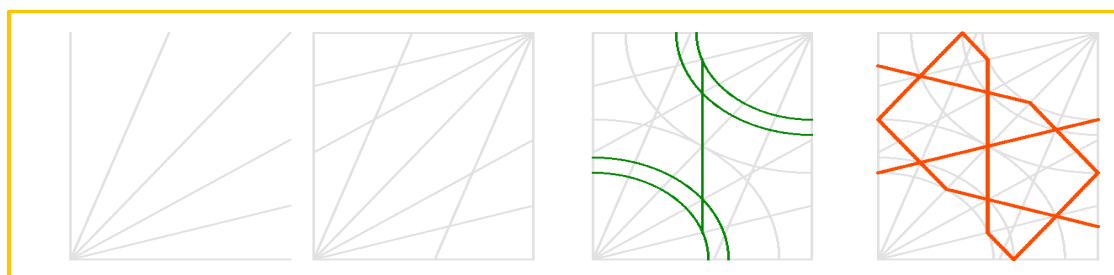
برای به دست آوردن ریشه‌های این شیوه باید به منابع مکتوب تاریخی مراجعه نمود. توسعه خلاقانه هندسه اشکال و احجام با ارتقای دانش فنی ساخت در اصناف معماری پس از سده چهارم هجری راهی متمایز از متون ریاضی را برای تداوم ریاضیات در معماری گشود. اولین کتاب در حوزه ترسیمات هندسی در قرن چهارم نگاشته شده است (طاهری، ۱۳۹۰ الف: ۶۱) ابوالوفا محمدبن محمد بوزجانی مشهور به حاصل یکی از بزرگان علم هندسه در قرن چهارم است. کتاب النجاره یا «فی ما يحتاج الیه الصانع من الاعمال الهندسیه» یکی از آثار مهم ابوالوفاء بوزجانی (۳۲۸-۳۸۸ ق) در هندسه عملی است. (طاهری، ۱۳۹۰ ب: ۵۳) در این کتاب ترسیمات پایه هندسی مورد استفاده در شیوه زیرساخت شعاعی تدوین شده است. همچنین نحوه ترسیم طرح اشکال متساوی الاضلاع در دایره محیطی نگارش شده است و لذا می‌توان این کتاب را پایه دانشی دانست که هنرمندان برای طراحی اشکال هندسی و طراحی نقوش هندسی نیازمند بوده‌اند.

در روش‌های ترسیم اشکال هندسی که در رساله‌های هندسه عملی مشاهده می‌شود مثل رساله فی تداخل الأشکال المتشابهه و المتوافقه بیشتر از شبکه‌های شعاعی با دوایر هم مرکز استفاده شده است، این شیوه در رساله «عبدالرحمن صوفی» مربوط به قرن چهارم هجری درباره «هندسه پرگاری» نیز دیده می‌شود که بیشتر مرتبط با تقسیم محیط دایره به قسمت‌های مساوی و ترسیم چندضلعی‌های منظم است. در این رساله شیوه‌های اساسی برای تقسیم و تکثیر متناسب با استفاده از پرگار و دهانه ثابت مطرح می‌شود. شیوه ترسیم گره‌ها در شیوه زیرساخت شعاعی به وسیله اتصال فاصله بین دو گره به وسیله شعاع‌های خارج شده از مرکز دو شمشه است. در این شیوه میان دو مرکز شمشه نسبت به ترسیم آلات گره اقدام می‌شود زمینه این شیوه از یک متوازی الاضلاع تشکیل شده است که می‌تواند به وسیله قرینه‌سازی؛ مانند یک کاغذ چهارلایه یک گره کامل تبدیل شود. کتاب گره و کاربندی استاد شهرباف از این

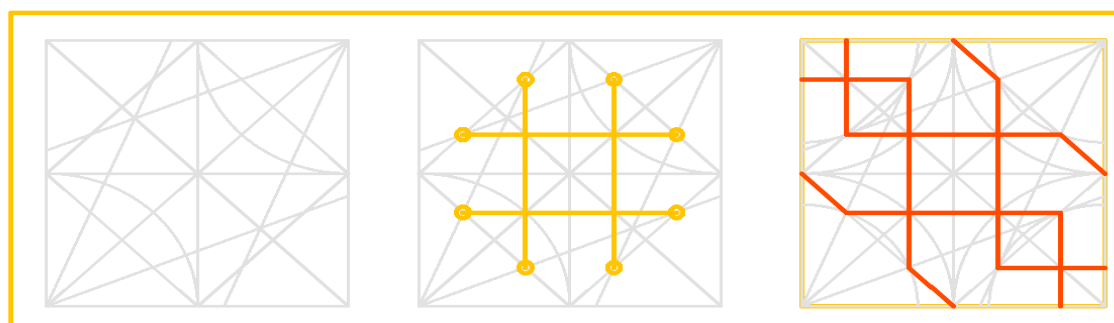
چهارچوب با ترسیم خط عمود بر خط  
زمینه و یا واگیره  
۳. ترسیم خط رمز که بر اساس رابطه‌ای  
بین خطوط پیش ترسیم شده به دست  
می‌آید.  
۴. ترسیم شعاع‌های که از برخورد خط  
رمز و شعاع‌ها به دست می‌آید.  
۵. ترسیم خطوط آلات گره و ترسیم  
شمسه و سایر آلات

شیوه استفاده نموده است و برای ترسیم گره،  
ابتدا شبکه زیرساختی گره در ربع یک زمینه  
کامل (واگیره) ترسیم نموده است. در این  
شیوه ترسیم نقوش هندسی شامل ۴ مرحله  
ترسیم چهارچوب، ترسیم شبکه زیرساختی  
یا شبکه گره، ترسیم آلات هندسی و توسعه  
چهارچوب است. مراحل ترسیم گره در این  
شیوه شامل مراحل زیر است.

۱. تقسیم کمان جهت ترسیم شعاع‌ها
۲. امتداد شعاع و مشخص نمودن



تصویر ۸- ترسیم خط رمز در شیوه زیرساخت شعاعی



تصویر ۹- ترسیم گره هشت و زهره در شیوه زیرساخت شعاعی

طریقه رسم یک واحد از گره است و در نتیجه  
تکرار این واحد کل نقش به دست می‌آید.  
متوازی‌الاضلاعی که بیشتر در الگوهای گره  
چینی به صورت مربع و یا مستطیل دیده  
می‌شود از بخش‌های کوچک‌تری نیز  
تشکیل شده است و در کتاب هم آراستگی  
در نگاره‌های اسلامی (عباس، ۱۳۸۳: ۱۱۰)  
ناحیه زایا و یا محدوده بنیادی معرفی شده  
است. این ناحیه می‌تواند یک دوازدهم  
واحد تکرار شونده (متوازی‌الاضلاع) باشد و  
با تقارن محوری و چرخش و بازتاب واحد  
تکرار شونده را بسازد.

استادان برای ترسیم گره‌های ده معمولاً  
محدوده مستطیل شکلی از گره را انتخاب  
می‌کنند، سپس نحوه ترسیم این واحد را به  
شیوه هندسی توضیح می‌دهند و گره انتخاب  
شده اغلب شامل یک چهارم از شمس‌ها  
و منطقه‌ای بین آنهاست و درست در همین  
نقطه میانی است که حالت‌های پیرامون  
شمس‌ها با یکدیگر برخورد می‌کنند و  
ترکیبات پیچیده‌ای را پدید می‌آورند. اهمیت  
نقطه تا حدی است که در بسیاری از مواقع  
نقش را با نام آلت‌های واسطه این منطقه  
نامگذاری می‌کنند. شیوه‌ای که بیان شد

به دسته‌های کلی و چهارضلعی‌ها و پنج‌ضلعی‌ها و شش‌ضلعی‌ها تقسیم شده که هر کدام از آنها می‌تواند با ضریب‌هایی به شمسه هشت و ده و دوازده تبدیل شود. این نوع تحلیل هر چند در توسعه نقوش هندسی بسیار ساده‌تر و قابل فهم است و اشکال و الگوها صرفاً در چندضلعی مرکزی تقسیم می‌گردد لیکن با شیوه‌های سنتی هم‌خوانی نداشته و در پاره‌ای از ترسیمات دچار اعوجاج در آلت‌های بین شمسه‌ها می‌گردد. کتاب ترجمه شده به نام نقش‌های هندسی در معماری اسلامی (ر.ک: پارمان، ۱۹۷۶) از این شیوه تحلیلی استفاده کرده و نقش ریاضیات و پایه‌های محاسبات هندسی در تزیینات هندسی نشان داده می‌شود. اریک بروک<sup>۲</sup> در خصوص ترسیم نقوش هندسی تعداد زیادی از نقوش هندسی را در زمینه مربع ترسیم نموده که براساس یک شمسه مرکزی ترسیم نموده است. در این شیوه عموماً مرحله اول ترسیم شمسه است. در گره ده کند می‌توان چارچوب را مطابق تصویر یازده به شیوه شمسه مرکزی ترسیم نمود. ابتدا دایره با شعاع‌های ده‌گانه ترسیم شده سپس هر چهار رأس به یکدیگر متصل می‌شوند. شکل سمت چپ تصویر یازده به دست می‌آید. سپس از اتصال دو رأس در چهار گوشه شمسه لوزی زمینه به دست می‌آید. با امتداد خطوط در لوزی گره در زمینه کامل می‌گردد. با انتقال این لوزی می‌توان گره کاملی را در اختیار داشت. حاجی قاسمی در کتاب خشت و خیال به بررسی و نحوه ترسیم نقوش هندسی پرداخته‌اند (ر.ک: حاجی قاسمی، ۱۳۹۰). کتاب خشت و خیال با مطالعه وسیع در تاریخ معماری اسلامی ایران، بر بررسی اوضاع و احوال بناهای مناطق گوناگون و تأمل در کاربری بناها و فن و صناعت به کار

## شیوه زیرساخت شعاعی شمسه مرکزی (کانونی)

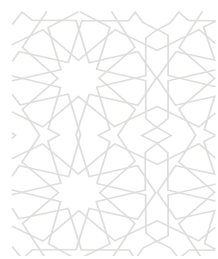
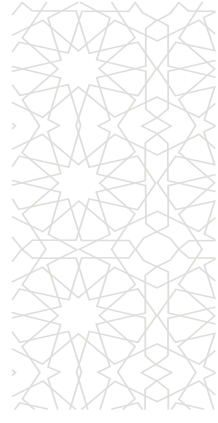
شیوه تحلیل شمسه‌ها در پیدا کردن نظم نقوش هندسی روشی تحلیلی در پیدا کردن الگوی زیرین یا شبکه زیرین نقوش می‌باشد. این شیوه فارغ از نحوه پیاده‌سازی و طراحی و چگونگی اجرای نقوش انجام می‌شود. الگوهای زیرین را می‌توان دو نوع دسته‌بندی کرد الگوهایی که مرکز آن از شمسه‌ها شروع می‌شوند و الگوهایی که سعی می‌کنند ارتباط و فاصله بین دو شمسه موجود در یک آرایه را تحلیل کنند.

از دهه ۱۹۷۰، تکنیک اتصال نقطه توسط تعدادی از طرفداران پیشرفت کرده است،<sup>۱</sup> که باعث شده است تا به‌عنوان متدولوژی طراحی تاریخی غالب در بین عموم علاقه‌مندان مورد حمایت قرار گیرد. با این حال، انتشارات متعددی که تکنیک اتصال نقطه را پیش می‌برند، شواهدی برای استفاده تاریخی، چه رسد به تقدم، از این شیوه ارائه نمی‌کنند. اشتیاق فراوان دهه ۱۹۷۰ برای استفاده از تکنیک اتصال نقطه از آمیختگی آن با باطنی‌گرایی ناشی می‌شد که در آن تقسیم هماهنگ یک دایره چیزی بیش از یک شیوه نمادین برای بیان بود. در این بینش وحدت آموزه مابعدالطبیعی توحید الهی به‌عنوان سرچشمه همه تنوعات دانسته شده است (Bonner, 2017: 202). افرادی مانند نصر و اردلان با شیوه نگرش معناگرا از نظریه‌پردازان این دیدگاه بوده‌اند (ر.ک: دل‌زنده، علی و همکاران: ۸۹).

این شیوه دایره‌ای مرکزی چندوجهی را شامل شده و می‌تواند یک شمسه را در خود جای دهد. نحوه قرینه‌سازی و انتقال و بازتاب لغزه‌ای مهم نبوده و کلیت الگوی شمسه‌ای تنها به‌وسیله انتقال قابل‌تعمیم است. این نوع تحلیل با توجه به انواع چندضلعی‌ها

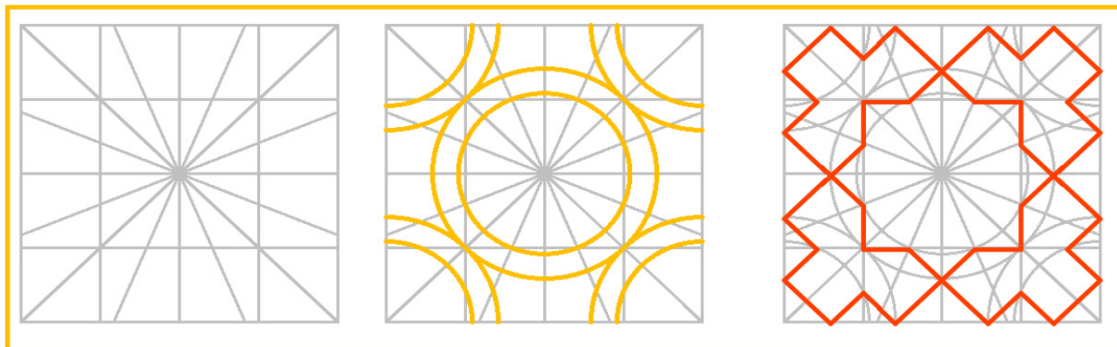
۱. عایشه پارمان و السعید (۱۹۷۶) و کریچلو (۱۹۷۶) و وید (۱۹۷۶) و بروگ (۲۰۰۸)





سلسله قاجاریه را در برمی گیرد. در بخش نقش عجب بر هندسه نگاره‌های اسلامی یا گره‌های دو بعدی به شیوه شمسه مرکزی پرداخته شده است و مدعی یافتن روشی برای ابداع در نقوش هندسی است.

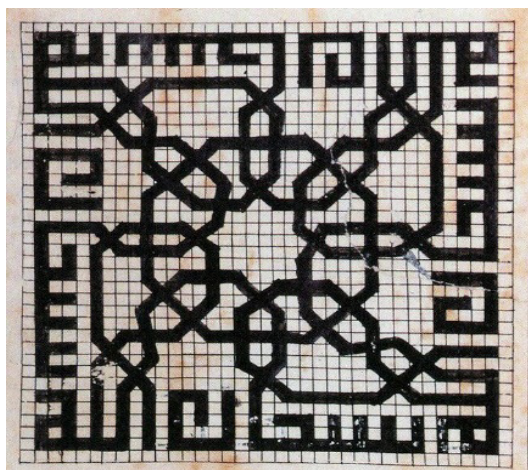
رفته بر معماری آنها پرداخته است. بررسی هندسه پنهان در پلان معماری و گره‌سازی‌ها و الگوهای آن از بخش‌های جذاب کتاب است و محدوده تاریخی معماری که به آن می‌پردازد از ظهور اسلام تا اواخر حکومت



تصویر ۱۰- ترسیم گره هشت بر اساس شیوه شمسه مرکزی



تصویر ۱۱- بررسی گره ده کند به شیوه شمسه مرکزی در کتاب نقش‌های هندسی در هنر اسلامی ص ۱۰۲



تصویر ۱۲- گره هشت و طبل ترکیب شده با خط بنایی در طومار توپکاپی (Necipoglu, 1995)

هستند و ماهیت متعامد این نوع طرح را با تزیین آجری اجرا شده به وسیله غزنویان و

### شیوه شبکه‌ای

هنرمندان و هندسه‌دانان برای ترسیم بعضی از گره‌ها دریافتند که ترسیم تمام گره‌ها با خط‌کش و پرگار امکان‌پذیر نیست و گاهی رسم دقیق شکل، مشکل و بعضاً وقت‌گیر است. از این رو سعی کردند راه‌های تقریبی هوشمندانه‌ای پیدا کنند که نبوغ مبتکران را نشان می‌دهد. راه‌هایی که خطای ترسیم اشکال در آنها به قدری ناچیز بوده که اثر خطا در ترسیم به‌سختی قابل تشخیص است.

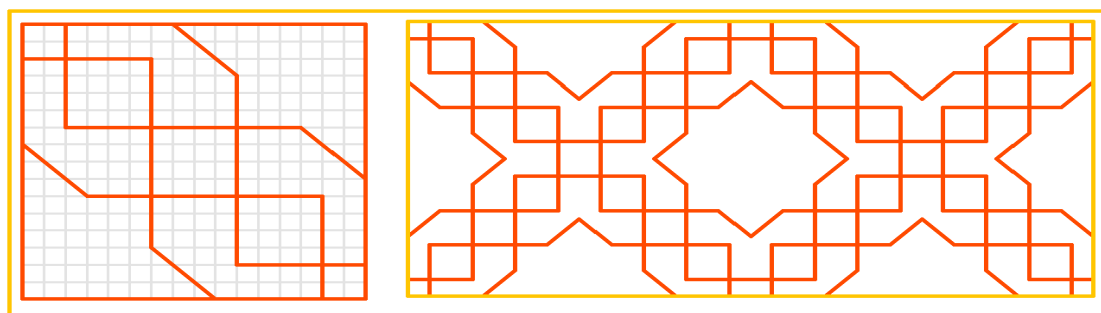
این‌گونه از طرح‌ها شامل بسیاری از چلیپاهای شکسته و الگوهای کلیدی همچنین موتیف‌های خوشنویسی کوفی



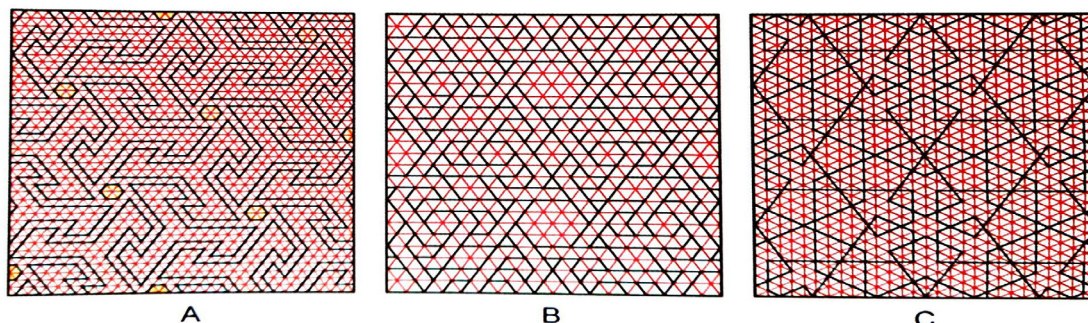
شیوه شبکه‌ای استفاده شده است که ترکیبی از خط بنایی و ترسیمات نقوش هندسی دیده می‌شود (نجیب اغلو، ۱۳۸۹: ۲۳).

در این شیوه با استفاده از شبکه شطرنجی متعامد و یا لوزی می‌توان نقوش هندسی را بر روی خطوط شبکه پیاده‌سازی کرد. برخی از اولین نقوش کمتر پیچیده می‌تواند بر روی شبکه ایزومتریک تولید شود. اغلب نقوش ایجاد شده در شبکه ایزومتریک دارای خطوطی هستند که با شبکه آنها متجانس است. شبکه ایزومتریک پیچیده‌تر در شش جهت دارای خط است که سه عدد عمود بر شبکه‌اند.

قراخانیان و غوریان و سلجوقیان مرتبط می‌کند. در کاشی معرق هفت‌رنگ تیموری الگویی از شبکه متعامد دیده می‌شود و همچنین یک طرح در منار اوزکند در قرقیزستان قرن دوازده در شبکه متعامد با خطوط قطری ۴۵ درجه را نشان می‌دهد (Bonner, 2017: 215) در مسجد گوهرشاد متعلق به قرن نهم هجری تعداد زیادی از نقوش شمسه هشت در شبکه متعامد قابل مشاهده است (زمرشیدی، ۱۳۹۰: ۱۹). در طومار توپقاپی که بنابر نظر نجیب اغلو متعلق به قرن نهم یا دهم هجری است و در ایران تهیه شده است، برای ترسیم گره از



تصویر ۱۲- ترسیم گره هشت و زهره در شبکه متعامد

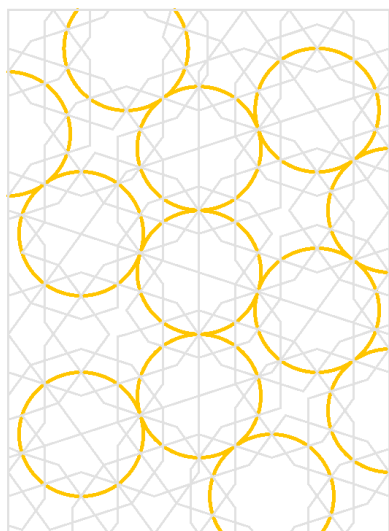


تصویر ۱۳ - شبکه متعامد با زاویه ۴۵ درجه و شبکه ایزومتریک شمسه شش ضلعی (بونر، ۲۰۱۷)

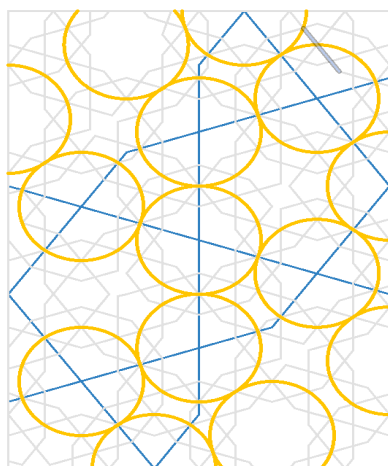
و بازترسیم نقوش هندسی نمی‌کنند. تحقیقاتی که بر مبنای فهم قواعد در نقوش هندسی مسیر خود را دنبال نموده‌اند گاهی در مرحله تحلیل قواعد متوقف مانده و روشی را جهت بازترسیم نقوش هندسی ابنیه تاریخی ارائه نکرده‌اند و مراحل بازترسیم به دقت بیان نشده است؛ بنابراین این پژوهش‌ها ادعایی در مورد طی مراحل دقیق برای چگونگی شکل‌گیری نقوش ندارند.

## جمع‌بندی شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی

با بررسی تحقیقات انجام شده در نقوش هندسی مشخص گردید مسیرهای متفاوتی برای فهم آن به کار گرفته شده است. بررسی نقوش هندسی و رابطه آن با مبانی و مفاهیم نظری سعی در فهم رابطه منشأ اعتقادی هنرمندان سنتی در به‌کارگیری نقوش هندسی داشته‌اند و در این مسیر کمکی به شناخت و گونه‌بندی



تصویر ۱۴- مشخص نمودن شمشه‌ها در گره ده کند (نگارنده)



تصویر ۱۵- مشخص نمودن دواير شمشه‌ها در شاه گره ده کند

شده است. خطوط کمکی برای ترسیم نقوش عموماً با خط رمزها تعیین شده و در بعضی از گوشه‌های مستطیل زمینه نحوه ترسیمات آلات گره توضیح داده نمی‌شده و یا ترسیماتی سلیقه‌ای انجام می‌شده است. در این شیوه سعی می‌گردد در مرحله اول زمینه قابل تکرار در یک نقش هندسی مورد شناسایی گردد. در ترسیم زمینه کار از زمینه در یک دایره محاطی استفاده شود و شمشه در مرکز دایره قرار گیرد. در صورتی که گره ترکیبی و مشمول دو نوع شمشه بود یکی از شمشه‌ها در مرکز طراحی گردد. در مرحله دوم شعاع‌ها ترسیم شده و تا محل برخورد با شعاع‌های شمشه‌های پیرامونی امتداد

اتکا به شالوده هندسی مانعی در راه خلاقیت و ابداع معمار هنرمند ایجاد نمی‌نماید و دستورالعمل روشنی و ثابتی نیز که با رعایت آن طرح، خود به خود متولد گردد به دست نمی‌دهد. هندسه پنهان کلید گمشده‌ای برای گشایش رمز آثار به جای مانده نیست و با تمسک بدان آثاری همچون قدما خلق نمی‌شود (حاجی قاسمی، ۱۳۹۰: ۲۰۰).

پژوهش‌هایی که بر روی فهم نقوش هندسی و بازترسیم آن متمرکز شده‌اند روش‌های گوناگونی را در این مسیر انتخاب کرده‌اند. در این‌گونه از منابع شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی با استفاده از شیوه‌های سنتی و یا نرم‌افزارهای مختلف بیان شده است. بعضی از افراد مانند کتب استادکاران شیوه‌های تاریخی را با ابزار خط و کش و پرگار بیان داشته‌اند و سایر پژوهشگران از شیوه‌های سنتی یا ابزار جدید بهره برده‌اند. در جمع‌بندی این شیوه‌ها می‌توان گفت دغدغه عموم آنها آموزش مرحله به مرحله شناخت نقوش هندسی در ابنیه تاریخ و یا به عبارت دیگر زمینه‌های ترسیم شده نبوده است. این امر باعث می‌گردد هنرجویانی که بدین کتاب‌ها مراجعه می‌کنند با ترسیم تعدادی از نقوش هندسی آشنا شده لیکن در مراجعه به آثار تاریخی توانایی جهت درک جزئیات نقوش هندسی و بازترسیم نخواهند داشت.

### شیوه بهینه ترسیم نقوش هندسی

این شیوه مبتنی بر شیوه زیرساخت شعاعی عمل می‌کند. تعدادی از استادکاران در ترسیم بعضی از نقوش از این شیوه بهره برده‌اند ولیکن مبنای عمل آنها نبوده است. ترسیمات زیرساخت شعاعی عموماً در چهارچوب نیازمند بازتاب چهارتایی ترسیم شده است و شمشه‌های مورد استفاده در نقوش هندسی به صورت یک چهارم ترسیم

داده خواهد شد و دوم بر خورد با شعاع‌های دیگر شمشه‌ها می‌تواند محل ختم یک شعاع را نشان دهد.

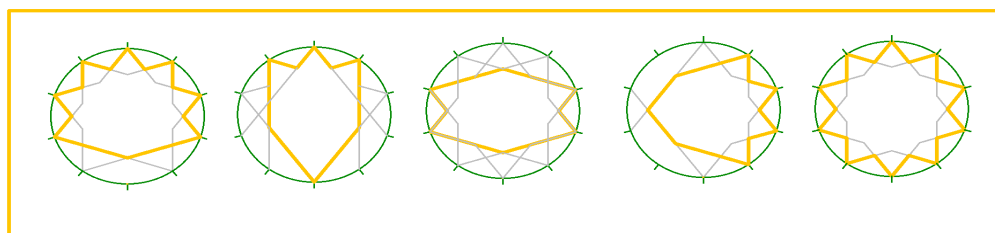
انواع شمشه‌های به‌کار رفته در نقوش هندسی و بازه جغرافیایی آن در مقاله سیر تکاملی الگوهای هندسی اسلامی مشخص گردیده است. مطابق این پژوهش گره‌های شش و هشت دارای سابقه بیشتری بوده و گره‌های ترکیبی و گره‌های ده از قرن پنجم هجری در اینیه قابل مشاهده است. بعضی از شمشه‌ها در ایران پرکاربردتر بوده و بعضی از شمشه مانند شمشه شانزده و چهارده کمتر دیده می‌شوند (Abdullahi, 2013: 244). باید توجه داشت که شمشه‌های مختلف می‌توانند شیوه‌های متفاوتی را پیشنهاد دهند که به‌راحتی نقش هندسی قابل ترسیم باشد. به‌طور مثال گره هشت در زمینه متعامد یا شطرنجی قابل ترسیم است و یا شمشه شش در زمینه ایزومتریک به‌راحتی قابل ترسیم است که می‌تواند شیوه شبکه‌ای را به اولویت تبدیل کند. هرچند این نقوش را به شیوه‌های دیگر نیز می‌توان ترسیم نمود. شیوه پیشنهادی به علت قابلیت تعمیم بیشتر در این نوع گره‌ها به‌کار گرفته می‌شود. به‌طور خلاصه شناخت نوع گره ساده و یا ترکیبی می‌تواند در انتخاب شیوه‌های ترسیم کمک کند. نکته دیگر اینکه شمشه صرفاً محدود به شمشه کامل داخل یک دایره نیست. در بعضی از گره‌ها شمشه به‌صورت ناقص ترسیم شده است که استادکاران این‌گونه شمشه‌ها را به نام شمشه ته‌برده معرفی کرده‌اند. در زمینه‌هایی که به علت محدودیت فضا قابلیت ترسیم کامل شمشه نبوده است از این نوع شمشه استفاده شده است.

داده می‌شود و در مرحله بعد سعی می‌گردد شبکه زیرساخت نقش هندسی ترسیم شود. در مرحله بعد مبتنی بر ترسیم خطوط ترنج‌ها و امتداد آنها سعی می‌گردد نقش هندسی تکمیل شود. در مرحله چهارم صرفاً با تقارن انتقالی و بدون استفاده از بازتاب و یا چرخش نقش قابل تکثیر در سطح خواهد بود.

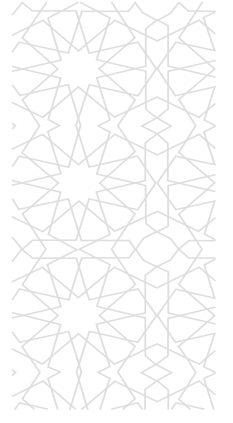
## مرحله اول: شناخت و رابطه شمشه‌ها

گره‌ها در نگاه اول اشکال پیچیده با اجزای تکرارشونده‌ای هستند در که در جهات مختلف به چرخش در آمده‌اند. با نگاه دقیق‌تر اولین عنصر نظم‌دهنده در نقوش هندسی شمشه‌ها هستند. این شمشه‌ها بر پایه دوایری شکل گرفته‌اند. اگر تمامی اجزا و آلات نقوش هندسی حذف شده و تنها مراکز شمشه باقی باشند با گسترش مرز درونی دوایر و رسیدن آنها به دیگر به‌صورتی که مماس شوند نظامی از قرارگیری دوایر در کنار هم را خواهد داشت. این نظام دارای دو بخش مهم است اولی فاصله باقی مانده در بین دایره‌ها و دیگری نظام شکل دهنده درون دایره.

در این مرحله می‌توان با شمارش تعداد شعاع‌های خارج شده از شمشه‌ها نسبت به پیدا کردن نوع گره اقدام نمود گره‌های شش و هشت و ده و دوازده و... انواع اصلی گره‌ها هستند. در گره هشت ۱۶ شعاع خطوط برخورد آلات گره را مشخص می‌نماید و در گره ده ۲۰ شعاع خطوط برخورد آلات گره را مشخص می‌نماید. اینکه خطوط شعاع تا کجا امتداد خواهند یافت موضوعی است که در هر گره می‌تواند متفاوت باشد ولیکن دو شرط مهم محدودکننده این شعاع‌ها هستند اول زمینه کار که در ادامه توضیح

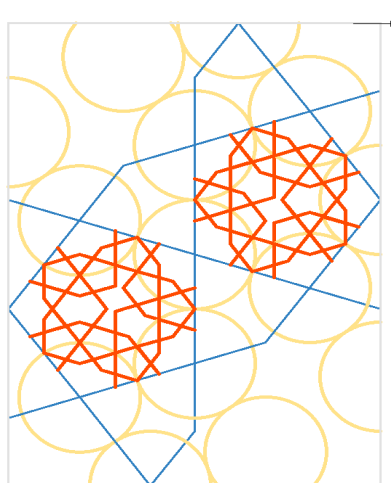


تصویر ۱۶- در تصویر شمشه ده و برگ چناری و ماکو و پابزی و شمشه ته بریده در زمینه دایره و شمشه ده نمایش داده شده‌اند.



## مرحله دوم مشخص نمودن زمینه قابل تکرار

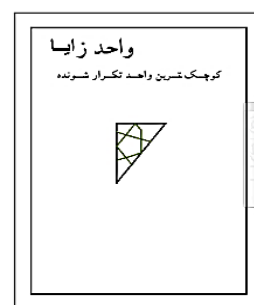
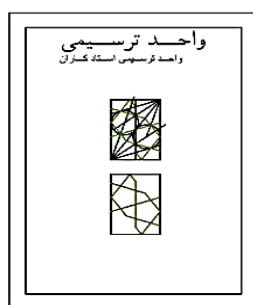
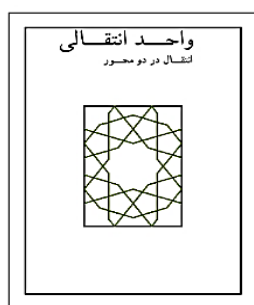
زمینه یا واگیره موضوعی گسترده است که بسته به هدف طراح می‌تواند می‌تواند انتخاب شود. زمینه در اکثر ترسیمات استادکاران شامل یک‌هشتم‌گره کامل (با تمامی آلت‌ها) است. در شیوه شمسه مرکزی، عصام السعید و عایشه پارمان الگوی پایه در این طومارها را نفی کرده‌اند و شیوه خود را معرفی کرده‌اند (السعید، ۱۳۶۸: ۲۱) سایر شیوه‌ها از جمله شیوه شبکه‌ای و شیوه چندضلعی اقتضائات خاصی برای واگیره نداشته و با انواع زمینه‌ها هماهنگ می‌شوند.



تصویر ۱۷- در این تصویر هر آلت آبی رنگ زمینه‌ای برای ترسیم نقوش هندسی است که زمینه پنج ضلعی منتظم با آلات فرم‌زنگ مشخص شده است. این چند ضلعی منتظم در شاه‌گره تکرار می‌شود.

زیرین‌گه را سخت‌تر خواهد کرد؛ بنابراین برای پیاده‌سازی گره‌ها باید سعی کرد از زمینه‌ای استفاده کرد که حداقل یک شمسه در مرکز زمینه و شمسه‌هایی در گوشه‌های زمینه وجود داشته باشد.

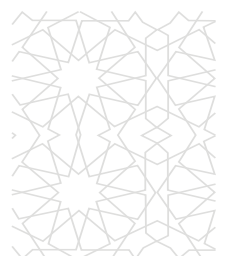
برای فهم این تفاوت اشکال زمینه، ترسیمات تصویر هیجده به خوبی موضوع را نشان می‌دهند. علت تفاوت انتخاب زمینه موضوع بحث نیست ولیکن باید دانست انتخاب واحدهای کوچک‌تر از گره ترسیم اولیه بدون دانستن شیوه ترسیم، یافتن ساختار



تصویر ۱۸- یک واحد کامل از گره ده که تمامی آلات گره در آن دیده می‌شود. آلات به ترتیب از راست: شمسه ده تند، شش تند، پنج تند، ترفه، شاپرک

می‌گیرد. این موضوع بر پیچیدگی تحلیل گره می‌افزاید که در آموزش ابتدای پیاده‌سازی گره‌ها باید از آن بر حذر بود. همان‌طور که در چهار گونه بالا دیده می‌شود واحد ترسیمی استادکاران یک‌چهارم واحد انتقالی است. ویژگی واحد انتقالی وجود یک شمسه در وسط زمینه است که می‌تواند در

این امر موجب می‌شود تا محل بر خورد شعاع‌ها برای راهنمایی سایر مراحل انتخاب شوند. در معماری ایرانی گوشه زمینه اکثراً با شمسه ختم می‌شود در صورتی که در گره‌های دیگر ممالک اسلامی (گره مراکشی) بعضاً زمینه به صورتی است که شمسه به صورت کامل در گوشه‌ها قرار

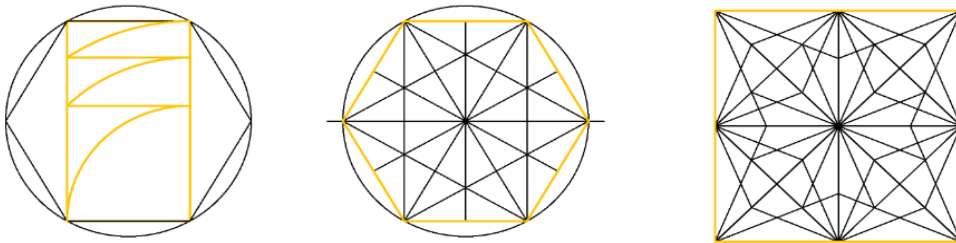




با آن محدود می‌شوند. شکل آلت‌های گره در زمینه کامل و منظم است؛ اما در محدود شدن به کناره زمینه به صورت یک دوم و در کنج زمینه به صورت یک چهارم حالت نیز می‌توانند قرار گیرند. آلت‌ها باید طوری در راستای یکدیگر قرار گیرند که امتداد آنها همان خطوط به وجود آورنده گره‌ها باشد در گره‌های منظم این حالت خودبه‌خود به وجود می‌آید (شعرباف، ۱۳۸۵: ۹).

فهم چگونگی ترسیم یک گره کمک شایانی کند. این موضوع را در مراحل بعد به وضوح خواهیم دید.

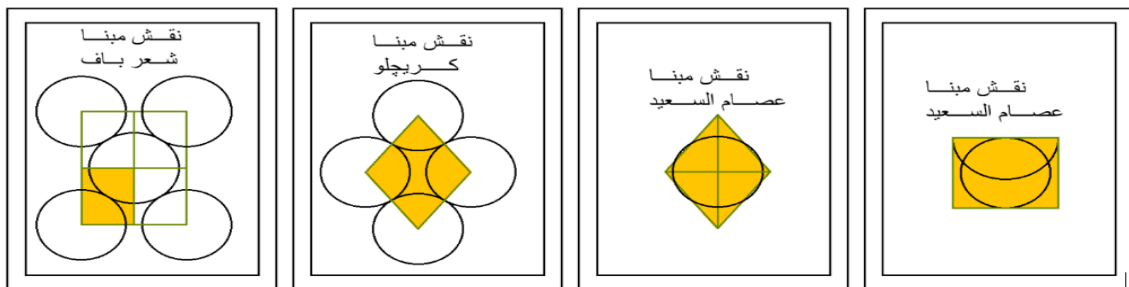
استاد شعرباف در این مورد می‌گوید: هر گره در زمینه قاب مخصوص به خود محدود می‌شود؛ یعنی به وجود آمدن شکل گره از به وجود آمدن زمینه آن جدا نیست اولین مرحله ترسیم گره بستن زمینه گره است سپس آلت‌ها در این زمینه به وجود آمده



تصویر ۱۹- زمینه‌های مربع از نوع گره هشت و زمینه شش ضلعی از نوع گره شش و محاط کردن زمینه ۷۲ (دو پرگار) و سه پرگار در شش ضلعی

معاصر را می‌توان در توجه هر شیوه به زمینه گره دانست. در شیوه سنتی ترسیم گره بر مبنای بستر یا همان «زمینه گره» شکل می‌یابد و به جای آنکه الگوی هندسی در فضای بیکران هندسه مسطح تولید شود و سپس در هر زمینه‌ای با بریدن مناسب‌سازی شود، گره از آغاز برای زمینه و با استفاده از قواعد هندسی اعمال شده بر هندسه زمینه شکل می‌گیرد (نوریان و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۵). این شیوه استادکاران شناخت دقیق تمامی آلات به کار رفته در گره را در مواجهه با نقوش کمی دشوار می‌نماید.

زمینه می‌تواند از یک شکل منظم مانند مربع و یا شش ضلعی تشکیل شود. یا می‌تواند از زمینه‌های وابسته به اشکال منظم تشکیل گردد؛ مانند مستطیل‌های دو پرگار و یک پرگار. می‌توان این زمینه‌ها را در قالب‌هایی از اشکال منظم هم مشاهده کرد. به‌طور مثال مستطیل دو پرگار می‌تواند در شش ضلعی منظم محاط گردد. بسیاری از تزئینات هندسی را می‌توان از طرح‌های مستطیلی یا غالباً مربعی با تکرار آنها با بازتاب در لبه‌های این مستطیل‌ها بازسازی کرد (Majewski, 2023A: 144). یکی از وجوه تمایز روش‌های سنتی و



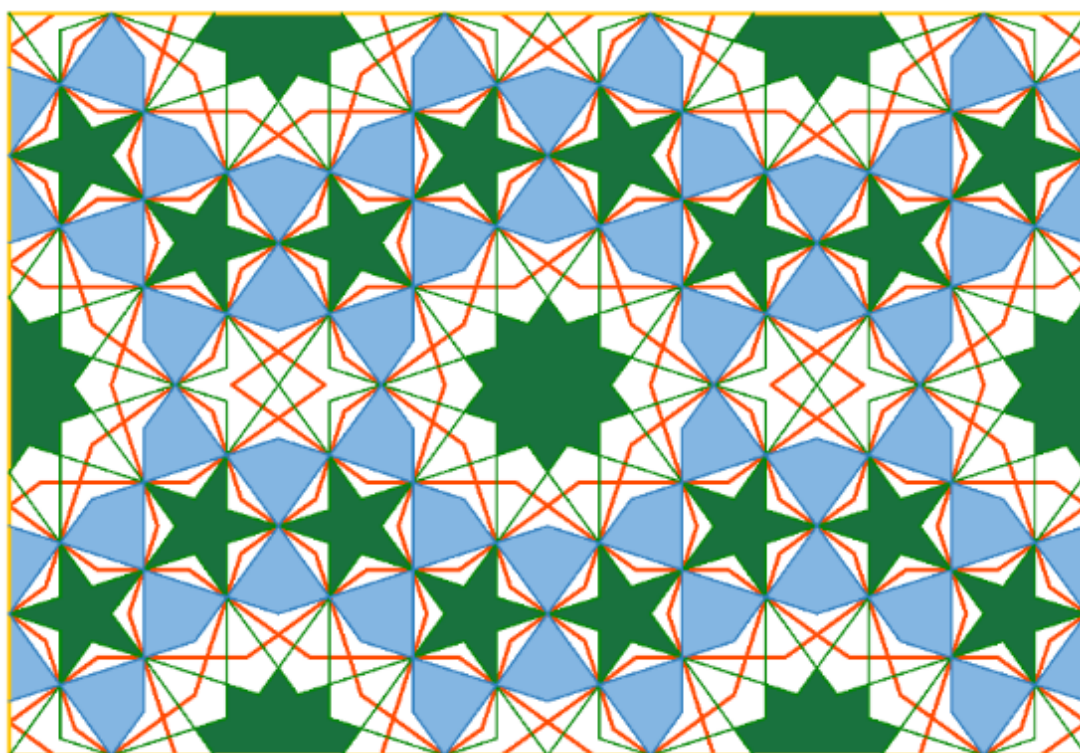
تصویر ۲۰- ترسیم زمینه (نقش مینا) در کتاب‌هایی که دارای ترسیم گره ده تند و کند هستند. رابطه زمینه با دایره ساختار گره در هر کدام از تحلیل‌ها متفاوت است.

در تصویر بیست نقش مبنا انتخاب شده توسط محققان و استادکاران نمایش داده شده است. دایره در این تصاویر محل قرارگیری شمسه و ترنج‌ها را دربرمی‌گیرد. به جز زمینه مورد استفاده استادکاران (شعرباف) سایر زمینه‌ها قابلیت تکثیر به شیوه انتقال را دارند. نکته مهم این است که این زمینه چه تأثیر در شناخت افراد در نقوش هندسی و همچنین وجود تمامی آلات در زمینه دارد و همان‌طور که بیان گردید واحد انتقالی تعدادی از آلات را به صورت نصفه و یا یک چهارم نمایش می‌دهد؛ لذا باید دید که کدام زمینه قابلیت تشخیص بهتری در مواجهه با نقوش هندسی اجرا شده را دارد. نقش مبنا یا زمینه که شمسه در مرکز و

چهار یا شش گوشه قرار گرفته حداکثر آلات را شامل خواهد شد.

### مرحله سوم: مشخص نمودن زوایای به کار رفته در نوع گره

انواع گره در این خصوص به صورت مختصر گره تند و کند و شل است. در حالت حداکثری را گره بر هفت نوع زیر است: گره تند ۲- گره کند ۳- گره شل ۴- گره تند و شل ۵- گره کند و شل ۶- گره پیلی ۷- گره درودگری. هرکدام از این گره‌ها طرح و زمینه‌های بسیار دارند و از کنار هم قرار گرفتن چند نوع آلت به طور منظم با قواعد گوناگون در زمینه‌های مختلف گره‌ها شکل می‌گیرند (لرزاده، ۱۳۵۹: ۳۲۱).



تصویر ۲۱- ترسیم سه گره تند (سبز) کند (آبی) شل (قرمز) در شبکه گره‌های ده

هرکدام از این گره‌ها دارای زوایای خاصی در ترسیم شمسه‌ها هستند. با ارتباط خطوط شمسه داخل یک دایره زاویه‌های متفاوتی در نقوش هندسی ایجاد می‌شود که در شکل زیر به صورت مقایسه‌ای در یک گره

تند و کند و شل در زمینه گره ده نشان داده شده است. گره ده زاویه ۱۸ درجه را رئوس ترنج‌های شمسه و ستاره‌های پنج ضلعی را دارد و گره شل زاویه ۳۶ درجه در رئوس این دو شکل و گره کند زاویه ۷۲ درجه در

است. آلت‌های گره تند عبارتند از: شمشه تند، برگ چنار، پنج تند یا پنج پری یا ستاره، دانه بلوط، شمشه ته بریده، ماکو، ترنج تند، شش بند، ترقه، طبل، شمشه، پابزی، شش منتظم، چهارلنگه، شش طبل. آلت‌های گره شل نیز عبارتند از: شمشه شل، مورپانه یا عروسک، شش دواتی، گیوه، سکرو، پنج شل، شش شل. البته می‌توان آلتی را بر شمرد که در همه مشترک است؛ مانند شمشه و ترنج ولی هر کدام دارای زوایای خاص خود هستند که قابل تشخیص است. این ویژگی کمک شایانی در شناسایی خط رمز می‌کند؛ زیرا با شناسایی نوع گره می‌توان فهمید کدام ضلع در دایره شمشه را به یک دیگر متصل کرد.

رئوس شمشه و پنج‌ضلعی متصل به آن را دارد. در شیوه چندضلعی انواع گره شامل تند و شل<sup>۱</sup> و کند<sup>۲</sup> و دو نقطه‌ای<sup>۳</sup> (Bonner, 2017: 225) می‌شوند. در منابع ایرانی حالت چهارم به‌عنوان گره پیلی (حلی، ۱۳۶۵: ۱۶۹) معرفی شده است. تغییرات زاویه در شیوه چندضلعی‌ها و شیوه چندضلعی در لبه راحت‌تر از سایر شیوه‌ها بوده و با توجه به ساختار زیرین چندضلعی‌ها می‌توان به راحتی نسبت به جانمایی و تغییر زوایا اقدام نمود. در شیوه سنتی این مرحله نیازمند تغییر خطوط راهنما و یا خط رمز است. و در حالت سه‌گانه آلات گره (گره ده ملاک این آلت‌هاست) می‌تواند به شرح ذیل باشد، آلت‌های گره کند شامل شمشه کند، سرمه‌دان، پنج کند، طبل، ترنج کند،

جدول ۱- آلت‌های گره‌های تند، کند، شل

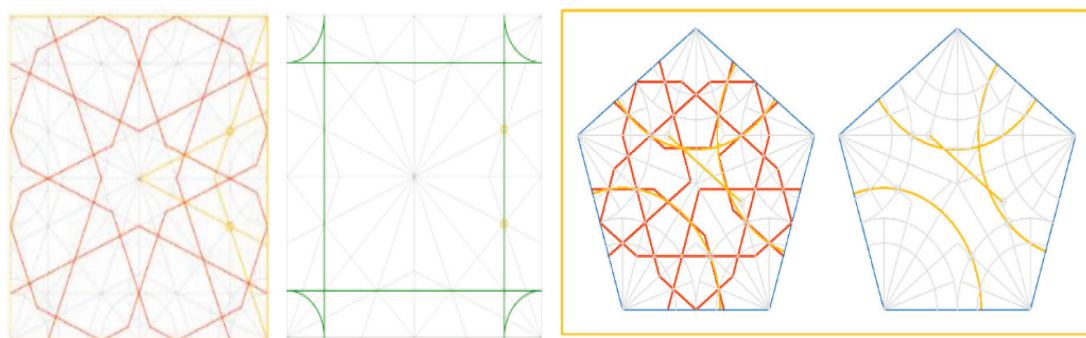
	آلت‌های گره کند
	آلت‌های گره تند
	آلت‌های گره شل

1. Rosette  
2. acute  
3. Median

## مرحله چهارم: انواع اتصال فاصله شمشه‌ها

مرحله پایانی پیدا کردن دویپر و یا خطوطی است که محل برخورد آلات گره را با یکدیگر مشخص می‌کند در این مرحله می‌توان از مراکز شمشه‌ها و خطوط

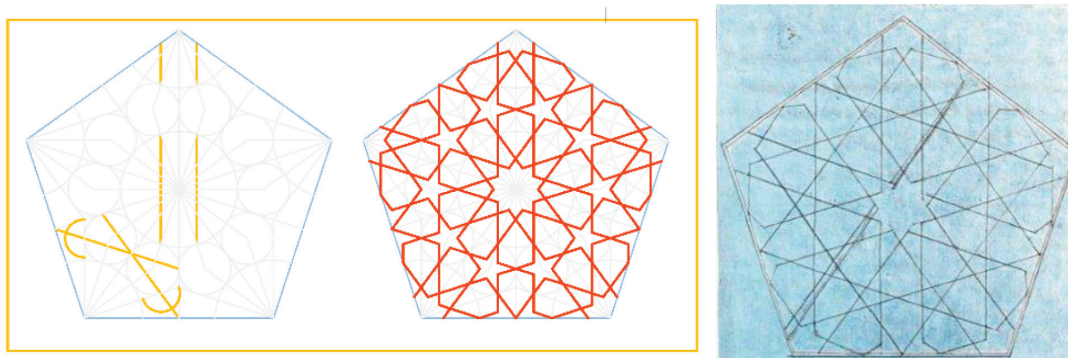
برخورد شعاع‌ها با یکدیگر کمک گرفت. سخت‌ترین مرحله در کار یافتن ساختار همین مرحله است که می‌تواند حرف‌های زیاد و تنوع فراوان داشته باشد. در این مرحله علت انتخاب نوع سوم از انواع زمینه که به نام واحد انتقالی معرفی شد مشخص می‌گردد.



تصویر ۲۲- ترسیم اتصال بین شمشه‌ها در پنج ضلعی منتظم به رنگ زرد و ترسیم گره هشت و چهار لنگه و اتصال فاصله بین شمشه‌ها با خطوط زرد رنگ

مهم‌ترین نکته در انتخاب زمینه انتقالی این است که امکان پیدا نمودن خط رمز (به تعبیر استادکاران) به وسیله محل برخورد شعاع‌های خارج شده از مراکز شمشه‌ها بسیار سهل‌تر از زمانی است که گره به صورت یک هشتم واحد کامل ترسیم شده است (نوع دوم زمینه) در مثال زیر به خوبی می‌توان این موضوع را مشاهده کرد. خط اصلی ساختار (خط رمز) گره هشت معرفی

شده در تصویر از اتصال دو دایره کوچک به دست آمده است که محل برخورد شعاع اول شمشه‌های مرکزی و گوشه‌های زمینه مربع است. شاید بتواند گفت که با شیوه دیگری نیز می‌توان این گره را ترسیم کرد که در زمینه دوم (یک هشتم زمینه کامل) معرفی شود. ولی آنچه در شناخت گره قبل از ترسیم آسان‌تر به چشم بیاید خطوطی است که در تصویر نشان داده شده است.



تصویر ۲۳- ترسیم اتصال بین شمشه‌ها در گره ام‌الگره تند در زمینه پنج ضلعی و در سمت راست عکس از تومار میرزا اکبر



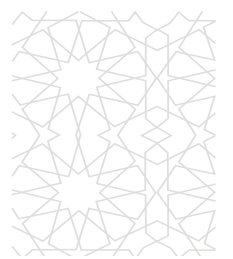
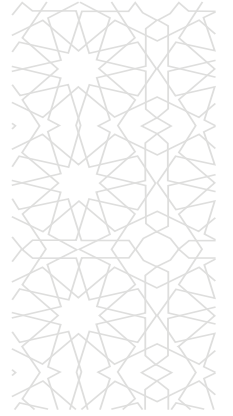
## نتیجه گیری

با بررسی چهار شیوه ترسیم نقوش هندسی، یعنی شیوه شبکه‌ای و شیوه چندضلعی و شیوه شبکه‌ای و زیرساخت شعاعی مزیت‌ها و مشکلات هر یک از این شیوه‌ها در معیارهای مورد بحث از جمله توان تفسیر گونه‌های متفاوت نقوش هندسی، واضح بودن و منطقی بودن مراحل ترسیم، کاهش خطای ترسیم، قابلیت ترسیم گره‌های جدید، قابلیت آموزش و سهولت در یادگیری و انتقال تجارب بررسی گردید. سپس با توجه به مزیت‌های گفته شده، شیوه بهینه در فهم نقوش هندسی در این تاریخچه در چهار مرحله شرح داده شد تا امکان فهم و بازترسیم نقوش هندسی فراهم گردد. در جدول زیر چهار شیوه بیان شده و شیوه پیشنهادی با یکدیگر مقایسه شده و در هفت شاخص مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. شیوه پیشنهادی برای ترسیمات دستی و مواجهه با نقوش هندسی در این تاریخچه کارآمدتر بوده و امکان فهم نقوش هندسی را برای

علاقه‌مندان به این عرصه فراهم می‌نماید. مزیت سایر شیوه‌ها در جدول مشخص شده است. باید گفت که ممکن است شیوه‌های چهارگانه از شیوه پیشنهادی بهتر عمل کنند، به‌طور مثال شیوه شبکه‌ای برای ترسیم نقوش با شمسه هشت کارا و سریع‌تر خواهد بود لیکن جامعیت مورد نظر برای سایر نقوش را نخواهد داشت و یا شیوه چندضلعی در امکان ترسیم نقوش هندسی متنوع با یک زیرساخت امکانات بیشتری را فراهم می‌نماید لیکن لزوماً آلات این نقوش در نظر استادکاران صحیح نیست؛ لذا این تنوع ترسیم در تعداد محدودی از نقوش قابل استفاده خواهد بود. ممکن است قابلیت خلق گره‌های جدید در شیوه چندضلعی‌ها و شیوه شبکه‌ای به علت ترسیم آسان‌تر شبکه زیرساخت آنها بیشتر باشد؛ ولی با ممارست در استفاده از شیوه زیرساخت شعاعی و یا شیوه بهینه می‌توان نقوش جدیدی را با ترسیم زمینه ترسیم نمود.

جدول ۲- مقایسه شاخص‌های شیوه ترسیم نقوش هندسی

محتوا - شیوه‌های ترسیم نقوش هندسی					شاخص بررسی شیوه ترسیم نقوش هندسی
شیوه بهینه	شیوه شبکه‌ای	شیوه شمسه مرکزی	شیوه زیرساخت شعاعی	شیوه چندضلعی	
■			■		کاهش خطا در ترسیمات دستی
■	■			■	کمک به خلاقیت پیاده‌سازی طرح‌های ذهنی
■	■	■	■		سهولت در یادگیری و سرعت در آموزش
	■			■	امکان ترسیم نقوش هندسی متنوع با یک زیرساخت
■			■		واضح و منطقی بودن مراحل ترسیم نقوش هندسی
■	■		■	■	قابلیت خلق گره‌های جدید
■		■	■		سهولت پیاده‌سازی با ابزار نرم‌افزار و دست



## منابع

- طاهری، جعفر (۱۳۹۰) نقش ریاضی‌دانان در معماری به روایت متون دوره اسلامی، تاریخ علم، ۹(۱۰)، صص ۳۹-۶۵. <https://sid.ir/paper/146574/fa>
- کریچلو، کیس (۱۳۸۹) تحلیل مضامین جهان‌شناختی نقوش اسلامی، مترجم آذرکار، حکمت.
- گلیار، محمد (۱۳۹۹) دفترگره، میراث اهل قلم.
- لرزاده، حسین (۱۳۵۸) هنرهای از یاد رفته معماری اسلامی، جلد اول، تهران.
- ماهرالنقش، محمود (۱۳۶۱) کاشی کاری در ایران دوره اسلامی، شرکت افست.
- نجیب اوغلو، گل‌رو (۱۳۸۹) هندسه و تزیین در معماری اسلامی، مترجم قیومی، روزنه.
- نوریان، یحیی و محمدحسین کسرائی (۱۳۹۵) «مقایسه گره‌های سنتی و الگوهای معاصر اسلامی با تمرکز بر کاربرد در معماری معاصر»، فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۲(۲)، صص ۶۳-۷۵. <http://ciauj-tabriziau.ir/article-1-105-fa.html>
- Abdullahi, Yahya & Mohamed Rashid Bin Embi (2013) "Evolution of Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research* 2(2): 243-51. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.03.002>.
- Bonner, J. (2017) *Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Methods of Construction*. In *Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Methods of Construction*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0217-7>.
- Bonner, J., Pelletier, M., & Box, P. O. (2012) *A 7-Fold System for Creating Islamic Geometric Patterns Part 1: Historical Antecedents*.
- حاجی قاسمی، کامبیز و کامبیز نوایی (۱۳۹۰) خشت و خیال، تهران، سروش.
- حلی، علی‌اکبر (۱۳۵۶) گره‌ها و قوس‌ها در معماری اسلامی، قم، مهر.
- زمرشیدی، حسین و علی صادقی حبیب‌آباد (۱۳۹۵) تزیین‌های معماری در بارگاه و بقاع متبرکه امام‌زادگان مبتنی بر نقوش اسلامی، مطالعات شهر ایرانی - اسلامی، ۷(۲۴)، صص ۵-۲۰. <https://sid.ir/paper/499908/fa>
- دل‌زننده، علی و همکاران (۱۴۰۳) مرتبه‌بندی تعاریف و شیوه‌های نگرش به معماری اسلامی برپایه شناخت‌شناسی و هستی‌شناسی اسلامی مطالعات شهر ایرانی - اسلامی ۵۴ (۱۴)، صص ۸۳-۱۰۰.
- <http://iic.ihss.ac.ir/fa/Article/41039>
- زمرشیدی، حسین (۱۳۹۰) مسجد بی‌نظیر جامع گوهرشاد و هنرهای قدسی معماری، مطالعات شهر ایرانی - اسلامی، صص ۷-۳۲، ۲(۶). <http://noo.rs/BKMWI>
- السعید، عصام و عایشه پارمان (۱۳۶۸) نقش‌های هندسی در هنر اسلامی. مترجم مسعود رجب‌نیا، تهران، سروش.
- شاکرسلیمان، عامر (۱۳۸۳) هم‌آراستگی در نگاره‌های اسلامی، مترجم آقاریع، به‌نشر.
- شعرباف، اصغر (۱۳۸۵) گره و کاربندی، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور.
- طاهری، جعفر (۱۳۹۰) «نقدی بر تحقیق و تصحیح «ترجمه النجاره» بوزجانی»، کتاب ماه علوم و فنون، ۳۵، صص ۵۳-۵۷. <https://manuscript.isc.ac/Inventory/8/616879.htm>

- Lee, T., & August, A. S. (2014) *The Geometric Rosette. Analysis of an Islamic decorative motif*. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Geometric-Rosette-%3A-analysis-of-an-Islamic-Lee-August/29f33d97a25d88ff187585277edb8d4f208d152a#citing-papers>.
- Majewski, M. (2020) Understanding Geometric Pattern and its Geometry, Part 2 -Decagonal Diversity. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 14, 87-106.
- Majewski, M. (2022) Understanding Geometric Pattern and its Geometry, Part 7—What can go wrong? *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 16, 73-91.
- Necipoğlu, G. (2017) *The Arts of Ornamental Geometry*. Brill. <https://brill.com/display/title/32181>
- Wichmann, B., & Wade, D. (2017) *Islamic Design: A Mathematical Approach*. Birkhäuser Basel. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69977-6>.
- Bonner, J.F. (2012) *Creating Non-Systematic Islamic Geometric Patterns with Complex Combinations of Star Forms*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Creating-Non-Systematic-Islamic-Geometric-Patterns-Bonner/>
- Castera, J. M., Peuriot, F. oise, Ploquin, P., & McElhearn, K (1999) *Arabesques. Decorative Art in Morocco* (Slp edition). Art Creation Realisation.
- Cromwell, P. (2023) *Geometric Architectural Ornament of the Seljuks in Asia Minor*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35205.52969>.
- El-Said, Issam and Ayse Parman (1976) *Geometric Concepts in Islamic Art*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Pubn.
- [https://www.semanticscholar.org/paper/A-7-Fold-System-for-Creating-Islamic-Geometric-Part-Pelletier/6916c9214f267e17ae3f8c68c724fdfa78e73d9e?utm\\_source=direct\\_link](https://www.semanticscholar.org/paper/A-7-Fold-System-for-Creating-Islamic-Geometric-Part-Pelletier/6916c9214f267e17ae3f8c68c724fdfa78e73d9e?utm_source=direct_link).

