

تاریخ علم، دوره ۱۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، ص ۲۵۱-۲۷۴

مطالعه مقایسه‌ای گره مادر در گستره شیوه‌های ترسیم با ارائه و معرفی شیوه‌های نامکتوب

نیما ولی بیگ*

استادیار، گروه مرمت بنا، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان

n.valibeig@au.ac.ir

نوشین نظریه

دانشجوی دکتری مرمت و احیا بناهای تاریخی

گروه مرمت بنا، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان

nooshinnazarieh@yahoo.com

ساناز رهروی پوده

عضو هیئت علمی گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)

s_rahraavi@khuisf.ac.ir

(دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۳، پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸)

چکیده

برای تزئین بناهای سنتی از نقوش و طرح‌های گوناگونی استفاده شده است. طراحان و معماران سنتی برای پیاده‌سازی این نقوش از شیوه‌های مختلفی استفاده می‌کردند. توانمندی، دانش و مهارت طراحان در پیاده‌سازی این نقوش و گره‌های هندسی بسیار مؤثر بوده است. این پژوهش برای نخستین بار بر آن است تا به بررسی توانمندی طراح در پدید آوردن شیوه‌های ترسیم گره مادر (کند دو و پنج)، مقایسه و تحلیل روش‌ها و ارائه شیوه‌های نامکتوب بپردازد. تاکنون بیشتر پژوهشگران به ارائه نمونه‌های مختلف گره‌ها و ترسیم آنها پرداخته‌اند. با بررسی ویژگی‌های روش‌های متفاوت ترسیم گره‌های هندسی و مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان به توانمندی طراحان و معماران در پدید آوردن این روش‌ها و شناخت روش بهینه دست‌یافت. در این پژوهش برای داده‌اندوزی از ترکیب روش‌های کتابخانه‌ای و مصاحبه با استادکار گره‌چینی و طراحی شبکه (روش میدانی) استفاده شده است و پس از ترسیم هر یک از روش‌ها و بررسی ویژگی‌ها، با هم مقایسه شده‌اند. با بررسی‌های انجام‌شده آشکار شد که بر اساس توانمندی گره‌چینان (معماران) و طراحان، بسته به ابزار و دانش هندسی آنها، روش‌های گوناگونی برای ترسیم گره مادر وجود دارد و از سوی دیگر روش نامکتوب این گره دارای مزایای خاصی همچون نیاز نداشتن به پرگار، ترسیم دایره و تقسیم زاویه نسبت به سایر روش‌ها است.

کلیدواژه‌ها: شیوه‌های ترسیم، گره هندسی، گره مادر، شیوه نامکتوب.

مقدمه

تزئینات از جمله عناصر جداناپذیر بناهای سنتی بوده است. معماران و هنرمندان علاوه بر سازه بنا به زیبایی بنا نیز می‌اندیشیده‌اند. برای مزین نمودن بناها از نقوش مختلفی از جمله نقوش هندسی استفاده می‌شده است. این نقوش دارای فرم‌های گوناگونی هستند که بر اساس مهارت و دانش طراح دارای روش‌های ترسیم گوناگونی می‌باشند. «گره کند دو و پنج» که به «گره مادر» یا «ام‌الگره» معروف است را می‌توان در گچ‌بری، کاشی‌کاری و آجرکاری‌های بناهای سنتی متعددی مشاهده کرد. ترسیم این گره نیز مانند سایر گره‌ها دارای روش‌های رسم متفاوتی است.

به‌طور کلی گره‌های هندسی روش‌های رسم متفاوتی دارند که برخی از این روش‌ها مکتوب شده است و برخی دیگر باگذشت زمان رو به فراموشی رفته است. همچنین برخی از این روش‌ها به دلیل تفاوت در مراحل ترسیم، سهولت ترسیم و ابزار مورد استفاده در پیاده‌سازی رواج بیشتری پیدا کرده‌اند. با بررسی ویژگی تک به تک روش‌های رسم مکتوب و مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان تفاوت روش‌ها و دستیابی به یک روش بهینه و سهل‌تر در ترسیم دست‌یافت و از سوی دیگر ویژگی‌های شاخص هر کدام مشخص خواهد شد، همچنین با معرفی یک روش نامکتوب می‌توان از فراموشی این روش جلوگیری کرد. در این راستا پرسش‌های زیر پیش رو است:

- طراحان در گذشته برای پیاده‌سازی گره مادر از چه ابزارهایی استفاده می‌کردند؟

- روش‌های گوناگون ترسیم گره مادر چه مزایا و معایبی دارند؟

- چه ویژگی‌های نهفته‌ای در فرآیند ترسیم روش نامکتوب موجود است؟

این پژوهش با تحلیل ویژگی‌های هریک از روش‌های ترسیم گره مادر سعی می‌کند تا به این پرسش‌ها پاسخ دهد.

پیشینه

بوزجانی دانش حساب را به دو بخش نظری و عملی دسته‌بندی کرده است. حساب نظری آن است که بر کاغذ از محاسبات آید و حساب عملی در محاسبه مالیات و صرافی‌ها و معاملات به کار می‌رود (قربانی و شیخان، ص ۲۰۳). آنچه به نام هندسه شناخته می‌شود، دو بخش است، هندسه نظری و هندسه عملی. هندسه نظری در باره خطوط و سطوح و احجام سخن می‌گوید، پس همان دانش هندسه بر روی کاغذ است.

هندسه عملی در باره دانش هندسه روی چوب و فلز و آجر و دیگر محسوسات است (فارابی، ص ۷۷). یکی از ویژگی‌های شناخت آثار تاریخی، پژوهش در هندسه و اشکال و دیگری هم چگونگی در انداختن این اشکال بر مصالح است (شماعی و احمدپور، ص ۷۳) نخستین بخش حیل هندسی، دانش معماری است (فارابی، ص ۸۹). آگاهی از الگوهای هندسی می‌تواند به شناخت بیشتر ما از معماری کمک برساند (تهرانی، ص ۱۵). نه تنها در معماری بلکه در هنرهای وابسته به معماری نیز، مانند گچ‌بری، آینه‌کاری و غیره، هنرمندان با به‌کار بردن دانش هندسه آثار ارزنده‌ای را پدید آورده‌اند (شفایی، ص ۲). از میان هنرهای تجسمی، نقش هندسی، که نخست در معماری روزگار کهن (به‌ویژه در مصر)، با دسترسی نداشتن به معیارهای اندازه‌گیری دقیق برای انتقال نقشه ساختمان‌ها به‌کار برده می‌شد و تنها با ریسمان و چندپاره چوب به‌کار می‌رفت، اهمیتی یافت و پایه‌ای گشت برای پیدایش نقش‌های دلکش و دل‌آویز اسلیمی (سعید و پارمان، ۱۳۶۲)، طرح‌های گره چینی نیز از اشکال هندسی مانند مثلث، لوزی و غیره استفاده می‌کند که در همگی آنها قطعات سنگ، آجر، کاشی یا آینه را به صورت‌های هندسی می‌برند یا می‌تراشند (شفایی، ص ۵). پژوهشگران متعددی به بررسی گره‌ها به خصوص گره در بناهای اسلامی پرداخته‌اند (بروگ، ۱۳۸۷؛ مفید و رئیس زاده، ۱۳۸۴)، هنر گره‌سازی از دامنه‌ای بسیار وسیع برخوردار است و استادان این هنر در ممالک مختلف اسلامی آن را با سلیقه قومی خود آمیخته و گره‌های بسیاری را در بناهای اسلامی به وجود آورده‌اند. گره چینی به طور کلی عبارت از قرار دادن آلات گره در ترکیبی هماهنگ و زیبا است (زمرشیدی، ۱۳۶۷). تعدادی از پژوهشگران غربی بر روی تزئینات به‌خصوص طرح‌های هندسی مطالعه کرده‌اند و الگو و طرح‌های آنها را پیاده کرده‌اند (بُنر، ۲۰۰۳^۱؛ کرامول، ۲۰۱۰^۲؛ لی، ۱۹۸۷^۳). هر یک از آنها به ارائه روشی برای ترسیم نقوش داشته‌اند. هامکین^۴ (۱۹۲۵) اولین بار روش شبکه زیرساختی چندضلعی‌ها را ارائه کرده است. رویکرد چگونگی تولید و رشد الگوهای ستاره‌ای در تزئینات اسلامی در غرب اولین بار در مقالاتی از هامکین تحت عنوان‌های «طراحی الگوهای هندسی در هنرهای اسلامی» و «مثال‌هایی از روش‌های ترسیم

1. Bonner
2. Cromwell
3. Lee
4. Hamkin

الگوهای هندسی اسلامی» دنبال شد (امین پور و دیگران، ۱۳۹۴). کپلان^۱ (۲۰۰۵) الگوهای تزئینی اسلامی را با نرم افزارهای گرافیکی رسم کرد و تقارن، دوران و تکرار را در ترسیمات خود بررسی کرده است. در این میان برخی از پژوهشگران نقوشی را تنها به عنوان نقوش اسلامی معرفی و روش های رسم آنها را بررسی کرده اند. در میان بسیاری از نقوش مختلف، ستاره ای وجود دارد که در هنر هندسی اسلام استفاده می شود، به صراحت به عنوان «ستاره اسلامی» مشهور است. این نقش از یک گل با حلقه بیرونی تشکیل شده است (لی و سلیمان، ۲۰۱۴). دسته ای از پژوهشگران به ارائه تصاویر، روش ها و روند ترسیم گره ها پرداخته اند. هر یک از این پژوهشگران با ترسیم مراحل گام به گام برای هر یک از گره های هندسی روش های گوناگونی را عرضه کرده اند که در این پژوهش روش های ترسیم گره مادر از این پژوهشگران بررسی شده است: زمرشیدی (۱۳۶۷)، ماهرالنقش (۱۳۷۳)، شفایی (۱۳۸۰)، شعریاف (۱۳۶۲)، سعید و پارمان (۱۳۶۲)، حلی (۱۳۶۵)، فرشته نژاد (۱۳۸۹) و بوزجانی (۱۳۷۶).

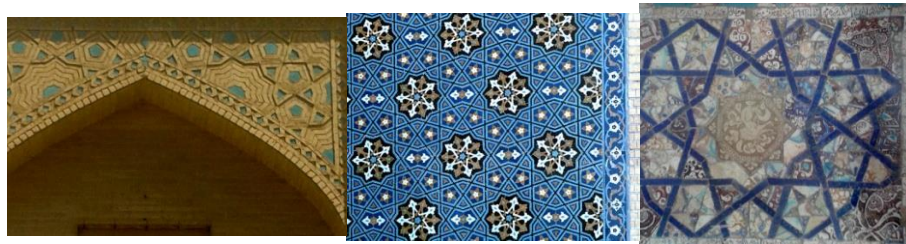
گره کند دو و پنج (گره مادر- ام الگره)

تزئینات به طور کلی به سه قسم گیاهی، هندسی و کتیبه ای قابل تقسیم است. تزئینات هندسی را در ایران گره چینی یا گره سازی می نامند و معمولاً ترکیبی است از شمشه ها و آلت های چند ضلعی که در ترکیبی موزون با یکدیگر قرار گرفته اند (نجیب اغلو، ص ۱۳۷). گره انواع بسیار دارد، چون گره خاصیت زایش دارد و از هر گره، گره های دیگر به وجود می آید، بنا بر این تعداد گره ها می تواند بیش از اینها باشد. گره ها با توجه به زوایایی که دارند، به پنج گروه تقسیم می شوند: گره کند، گره تند، گره شل، گره کند شل و گره تند شل (امیرغیاثوند، ص ۶۵-۶۶). چارچوب رسم گره را زمینه گویند. هر گره در زمینه مخصوص به خود محدود می شود، در واقع کادر گره مرکب از تعدادی زمینه گره است که در داخل کادر تکرار شده است. آلت یا مهره گره اشکال هندسی است که نام خود را از شباهتی که به اشیا طبیعی یا مصنوع دارد گرفته است. مثل آلت پا پزی، گیوه، سرمه دان (زمرشیدی، ۱۳۶۵، ص ۵۵).

شناخته ترین گره، گره کند دو پنج است و به دلیل اینکه می توان بسیاری از گره های تند و کند را با خرد کردن این گره به دست آورد آن را گره مادر یا ام الگره می خوانند

1. Kaplan
2. Lee and Soliman

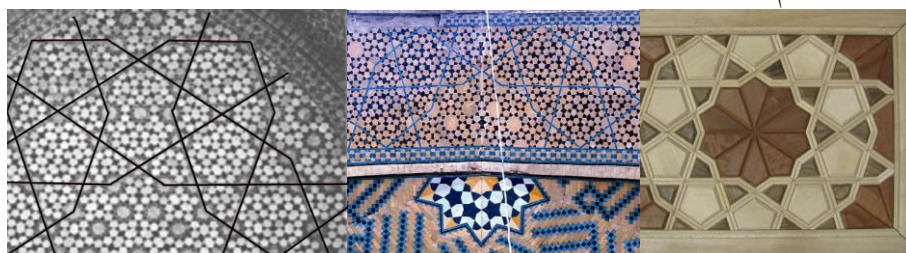
(مفید و رئیس‌زاده، ص ۱۴۶) که در کارهای چوبی، خاتم‌کاری، کاشی‌کاری و فلزکاری از این گره و یا گره‌های منشعب آن استفاده بسیاری شده است (تصویرهای ۱ تا ۶).



تصویر ۳. گره آجری مادر، در موزه کلیسای وانک اصفهان

تصویر ۲. گره مادر در کاشی‌کاری مسجد جامع کرمان

تصویر ۱. گره مادر در موزه کلیسای وانک اصفهان. کاشی لعاب‌دار- معرق (قرن ۱۲م)



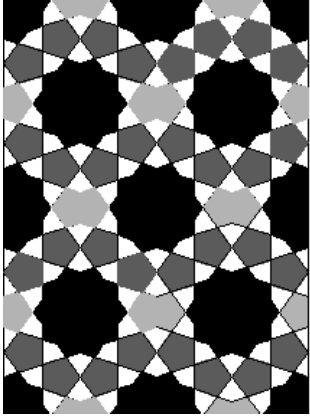




تصویر ۶. گره مادر به کار رفته در امام‌زاده درب امام اصفهان (بنر، ۲۰۰۳)

تصویر ۵. گره مادر، مسجد جامع اصفهان

تصویر ۴. گره مادر به کار رفته در شبکه‌های چوبی توپر

در گره‌های سنتی مهره‌های متفاوتی به کار می‌رود. ابعاد و نسبت این مهره‌ها در هر گره ثابت است. مهره‌های به کار رفته در گره مادر را می‌توان در جدول یک دید.

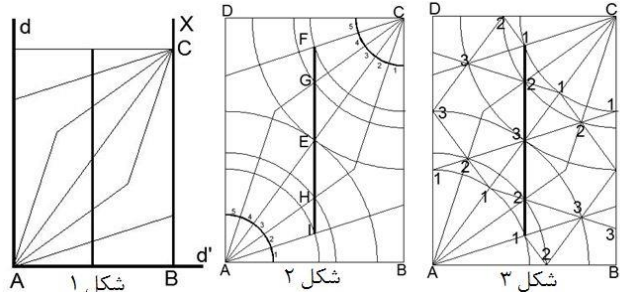
جدول ۱. مهره‌های به‌کار رفته در گره مادر

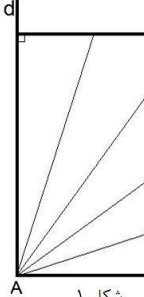
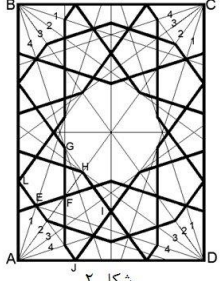
		شمسه (خورشیدی)
		طبل (تبیره)
		پنج‌کند
		ترنج (ترنگ)

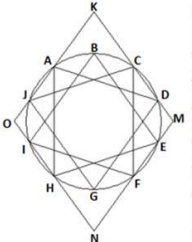
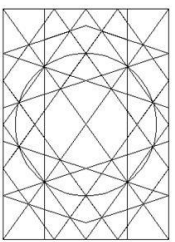
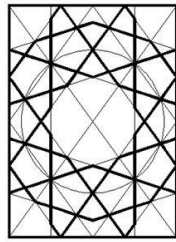
شیوه‌های گوناگون ترسیم گره مادر

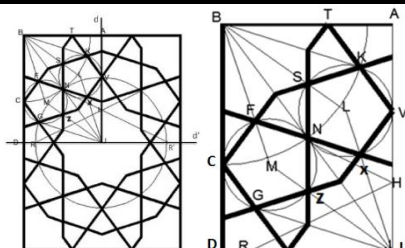
هر یک از معماران سنتی و استادکاران با توجه به توانمندی خود و ابزار رایج در زمان خود، روشی را برای اجرا و پیاده‌سازی گره مادر طراحی کرده‌اند چهار روش زیر از روش‌های پرتکرار هستند که به صورت مکتوب درآمده‌اند. در اجرای گره‌ها به روش‌های متفاوت، مراحل مختلفی از جمله کشیدن خط عمود و موازی از یک نقطه، تقسیم دایره و زاویه به قسمت‌های مساوی وجود دارد که به دلیل محدود بودن ابزار و امکانات برای این امر، بسته به تعداد این مراحل، روش پیاده‌سازی گره پیچیده و دشوار می‌گردد. برای ترسیم هر یک از خطوط موازی و یا عمود همچنین تقسیم زوایا و دوایر نیاز به ریسمان به‌عنوان پرگار و خط کش بوده است.

جدول ۲. روش‌های مکتوب ترسیم گره مادر

شماره	منبع	مراحل و شکل
۱	ارزاده، زمرشیدی، شعریاف، حلی، فرشته‌نژاد	 <p>خط d را بر عمود شود (شکل ۱)؛ محل برخورد دو خط زاویه A نامیده شود؛ زاویه A به پنج قسمت مساوی تقسیم شود (پیوست ۱)؛ خطوط حاصله از تقسیم زاویه را خطوط گیر می‌نامند؛ خط گیر سوم امتداد داده شود؛ عرض زمینه بر روی خط d' جدا گردد (AB)؛ بر روی نقطه B خطی عمود گردد؛ محل برخورد خط BX با خط گیر سوم نقطه C را مشخص می‌کند؛ از نقطه C عمودی بر خط BC رسم گردد. قاب گره حاصل می‌شود؛ زاویه C به پنج قسمت مساوی تقسیم گردد؛ عمود منصف خط AB ترسیم گردد. این خط، خط رمز نام دارد؛ محل تداخل خط رمز با خطوط گیر زوایای A و C نقاط F، G، H، I را پدید می‌آورند؛ به مرکز C و شعاع‌های CF، CG، CE دایره ترسیم شود؛ به مرکز A و شعاع‌های AI و AH دایره ترسیم شود؛ بر اساس شکل ۲، نقاط ۱، ۲ و ۳ به هم متصل گردد. خطوط گیر، رمز و دوایر پاک گردد؛ گره در ۱/۴ زمینه رسم شده است. تکمیل گره با گسترش از طریق قرینه کردن کل کادر پیرامون محور BC صورت می‌گیرد و سپس کل شکل جدید حول محور افقی پایین قرینه می‌شود.</p>

شماره	منبع	مراحل و شکل
۲	ماهر النقاش	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>شکل ۱</p> <p>شکل ۲</p> <p>خط d را بر d' عمود شود (شکل ۱)؛ محل برخورد دو خط زاویه A نامیده شود؛ زاویه A به پنج قسمت مساوی تقسیم شود؛ خطوط حاصله از تقسیم زاویه را خطوط گیر می‌نامند؛ نقطه C بر روی خط گیر دوم زاویه A انتخاب شود؛ از C دو عمود بر اضلاع زاویه فرود می‌آید (مستطیل $ABCD$ حاصل می‌شود)؛ زاویه‌های B، C و D به پنج قسمت تقسیم گردد؛ خطوط گیر آنها رسم شود؛ از نقطه محل تلاقی خطوط اول گیر زوایای A و D، خطی به موازات قطر BD رسم شود که در k با خط گیر دوم زاویه A به ترتیب در L و I با اضلاع AB و AD تلاقی می‌کند؛ از L خطی به موازات قطر AC، از K خطی به موازات خط اول قاعده زاویه D و از I خطی به موازات قطر AC کشیده شود؛ از E به F (وسط AO) وصل کرده و امتداد داده شود؛ از F خطی به موازات AB کشیده که در G با خط گیر چهارم زاویه B تلاقی می‌کند؛ از G به H (محل تلاقی خطوط گیر دوم زوایای A و D) وصل کرده و امتداد داده تا این خط در نقطه L با عمود منصف ضلع AD متقاطع شود؛ خطوطی که در این زاویه رسم شده در سه زاویه دیگر تکرار شود.</p>

منبع	شماره	مراحل و شکل
عصام سبیر	۳	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center;">شکل ۱ شکل ۲ شکل ۳</p> <p>در ابتدا دایره‌ای ترسیم شود؛ دایره به ده قسمت مساوی تقسیم شود؛ نقاط A به D، B به E، C به F، D به G، E به H، F به I، G به J، H به K، I به L، J به M، K به N، L به O متصل شود؛ نقاط A به J، B به K، C به L، D به M، E به N، F به O، G به A، H به B، I به C، J به D در نقاط O، N، M، K تلاقی یابند (شکل ۱)؛ عمودهایی بر خطوط KN و OM رسم شود. کادر گره به دست می‌آید؛ از سایر نقاط دایره خطوطی موازی با KO و KM رسم کرده و امتداد داده تا کادر گره را قطع نمایند. زیر نقش گره ترسیم می‌شود (شکل ۲)؛ حال با پیدا کردن مهره‌های گره در زیر نقش گره رسم شده است (شکل ۳).</p>

شماره	منبع	مراحل و شکل
۴	جنبی به نقل از میرزا حسین ولی اللهی	 <p>خط d بر d' عمود شود (شکل ۱)؛ محل برخورد این خط J نامیده شود. به مرکز J و شعاع دلخواه دایره $VNGR$ رسم شود؛ شعاع JV در نقطه H نصف گردد؛ خط $R'H$ را کشیده و امتداد داد تا محیط دایره را در نقطه N قطع نماید؛ از نقطه J مرکز دایره خط JN را رسم کرده تا امتداد عمود BD را در خط JD از نقطه‌ای اخراج کرده را در نقطه B قطع نماید؛ با کشیدن خط AB کادر ترسیم گره به دست می‌آید؛ سپس قطر B رسم شود؛ به شعاع JN مساوی NB معادل نصف JB دایره $VNGR$ را در مرکز و ربع دایره TNC در گوشه رسم شود؛ و بعد ربع دایره CNT را به پنج قسمت تقسیم و (با کشیدن پنج ضلعی محاطی آن و دست آوردن قوس GR) شعاع‌های JL، JN، JM، JG را رسم نموده و دایره GNC به مرکز M را به همان ترتیب به پنج قسمت تقسیم و شعاع‌های BK، BL، BN، BM، BG رسم شود؛ با به دست آوردن نقاط L و M محل تلاقی این شعاع‌ها، آنها را مرکز قرار داده و طول LMN مساوی LN دوایر کوچک کشیده شود. این دوایر در محل تلاقی خود با شعاع‌ها یعنی نقاط NX و KS و همچنین $NSGCF$ هرکدام به پنج قسمت مساوی تقسیم می‌شوند؛ سپس در این دوایر پنج ضلعی‌های منظم محاطی رسم شود؛ اضلاع آنها را امتداد داده تا اولین شعاع قوس‌های دوایر بزرگ را قطع کند، نقش اول یعنی گره کند به دست خواهد آمد؛ با قرینه‌سازی گره تکمیل می‌شود.</p>

مقایسه و ارزیابی روش‌های مکتوب ترسیم گره مادر

روش‌های طراحی شده برای پیاده‌سازی گره کند دو و پنج تفاوت‌های بسیاری دارند. این روش‌ها را بر اساس مراحل ترسیم، ابزار مورد نیاز، خطوط و دوایر و تقسیم‌هایی که برای اجرای شیوه پیاده‌سازی نیاز است می‌توان تقسیم‌بندی کرد. بدین منظور نیاز است که تمامی ویژگی‌های روش‌ها بررسی و مورد مقایسه قرار گرفته و پس از تحلیل اطلاعات به دست آمده، روش‌ها را بر اساس سهولت ترسیم بررسی نمود و به یک روش بهینه، ساده و با خطای کمتر دست یافت.

جدول ۳. بررسی ویژگی‌های روش‌های مکتوب ترسیم گره مادر

شماره	ابزار مورد استفاده	نیاز به گسترش گره	نیاز به زیرنقش	مرکزگرایی	گوشه‌گرایی	قالب مشخص	مرض مشخص	طول مشخص
۱	برگار- خط‌کش	*	-	-	*	-	*	-
۲	خط‌کش	-	-	*	-	-	-	-
۳	برگار- خط‌کش	-	*	*	-	-	-	-
۴	برگار- خط‌کش	*	-	-	*	-	-	-

۱. ترسیم گره از مرکز دایره شروع و سپس گسترده می‌شود. در این شیوه شمسه گره در وسط کادر قرار دارد.
۲. در این شیوه ترسیم از یک گوشه نقش شروع شده و گسترده می‌شود. بخشی از شمسه گره در گوشه گره ترسیم می‌شود.

جدول ۴. بررسی ویژگی‌های روش‌های مکتوب ترسیم گره مادر^۱

شماره	دایره	خط عمود	خط موازی	تقسیم خط	تقسیم دایره	تقسیم زاویه	مراحل ترسیم	شکل پایه برای ترسیم
۱	۶	۳	-	-	-	۲	۱۶	مستطیل
۲	-	۳	۸	۱	-	۴ (تقسیم زاویه به ۵ قسمت)	۱۵	مستطیل
۳	۱	۴	۱۲	-	۱ (تقسیم دایره به ۱۰ قسمت)	-	۷	لوزی
۴	۳	۱	-	۱	۳ (تقسیم دایره و ربع دایره به ۵)	۱ (تقسیم زاویه به ۵ قسمت)	۱۳	مستطیل

تحلیل و مقایسه ویژگی‌های روش‌های مکتوب ترسیم گره طراحان قدیم برای ترسیم گره‌ها از ریسمان به‌عنوان پرگار و خط کش برای رسم خطوط استفاده می‌کرده‌اند. در برخی از روش‌های ترسیم گره مادر، مراحل تقسیم زاویه، تقسیم خط، رسم خط موازی و خط عمود وجود دارد (پیوست ۱) که هر یک از این مراحل خود دارای پیچیدگی‌ها و مراحل متعددی هستند.

در روش اول ترسیم گره مادر نیاز به تقسیم دایره و رسم خط موازی ندارد (پیوست ۱) که این امر از مزایای این روش محسوب می‌شود. در مراحل ترسیم این روش نقش مورد نظر با ترسیم خطوط نمایان می‌شود و نیاز به پیدا کردن گره در میان زیر نقش نیست. در روش دوم ابزار مورد نیاز برای ترسیم فقط خط کش است (جدول ۳) در حالی که در سایر روش‌ها علاوه بر خط کش پرگار نیز لازم است (جدول ۳). برای رسم زیر نقش، در این روش نیاز به ترسیم خطوط موازی بسیاری است که این امر، ترسیم گره را با این روش کمی دشوار می‌کند (جدول ۴). روش سوم نیز مانند روش دوم دارای ترسیم خطوط موازی زیادی است و در مقایسه با سایر روش‌ها از تعداد مراحل بیشتری

۱. اعداد نوشته شده در هر ستون تعداد اشکال مورد نیاز یا مراحل را نشان می‌دهند.

برخوردار است. روش چهارم نیازمند ترسیم خط موازی نیست اما تقسیم‌بندی دایره به تعداد بخش‌های مساوی بیشتری مورد نیاز است (جدول ۴). به علت تعداد ابزار کمتر مورد استفاده برای ترسیم، روش دوم از سایر روش‌ها مناسب‌تر است اما به علت تقسیم‌بندی زاویه، احتمال وجود خطا نیز در این روش زیاد است. در روش‌های مرکزگرا (روش‌های دوم و سوم) برای تکمیل گره، نیاز به گسترش نیست اما در روش‌های گوشه‌گرا نیاز به گسترش طرح از طریق تقارن و یا تکرار است که از معایب این روش‌ها محسوب می‌شود و فرآیند این روش ترسیم را پیچیده‌تر می‌کند (جدول ۳).

در مقایسه کلی روش‌های ترسیم، در روش اول به علت عدم نیاز به خط موازی و تقسیم دایره و کمتر بودن تعداد مراحل کار، احتمال وجود خطا کمتر است و از این رو روش بهینه‌تری است و به همین علت در بیشتر منابع نیز از این روش استفاده کرده‌اند.

ارائه یک روش نامکتوب برای ترسیم گره مادر



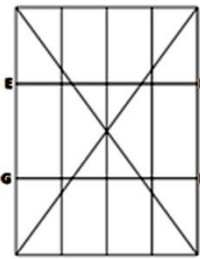
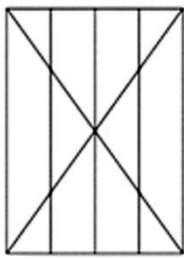
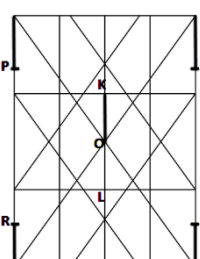
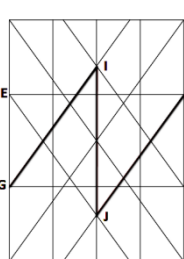
برای ترسیم گره‌ها روش‌های گوناگونی وجود دارد که معماران بر اساس توانمندی خود روشی را ابداع کرده و یا از روش‌هایی که از نسل‌های گذشته خود آموخته‌اند، استفاده می‌کنند. ترسیم گره‌ها همانند سایر مهارت‌ها، علم و توانمندی معماران به مرور زمان به فراموشی سپرده می‌شوند. برخی از این روش‌ها به صورت مکتوب درآمده است و برخی دیگر در ذهن معماران سنتی که تنها تعداد اندکی از آنها در قید حیات هستند و امروزه افراد مسنی محسوب می‌شوند، برجای مانده است. در این پژوهش محققان سال‌ها در تلاش برای یافتن روش‌های جدید بوده‌اند که با مصاحبه با هنرمندان و استادکاران قدیمی سعی در پیدا نمودن روش‌های بدیع و نامکتوب کرده‌اند. اکثر روش‌های به دست آمده روش‌های مکتوب هستند و در برخی از آنها تنها تفاوت‌هایی جزئی مانند ترتیب ترسیم مراحل و یا تقسیم نمودن زوایا و دوایر می‌باشد.

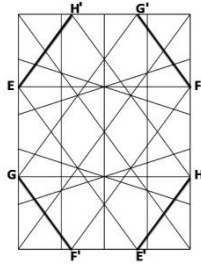
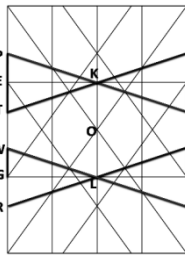

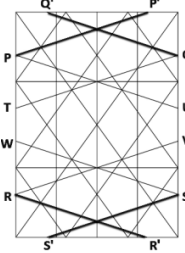
در این میان نگارندگان به روشی نامکتوب دست‌یافته‌اند که با روش‌های دیگر کاملاً متفاوت است. به علت کهولت سن استادکار توانمند، استاد عباس عشاقی^۱ در این روش ترسیم، پژوهشگران چندین بار مصاحبه کرده‌اند و مراحل ترسیم گره مادر توسط معمار،

۱. عباس عشاقی، از شاگردان استاد حسن عشاقی (پدر) و استاد مهدی عشاقی بوده است که اکنون جز هنرمندان گره‌چینی و طراحی شبکه بوده و فعالیت‌های خود را زیر نظر پدر و عموی خود به همراه هیأت ایزمئو در کاخ چهلستون و عمارت هشت بهشت انجام داده‌اند. از فعالیت‌های پدر ایشان می‌توان به مرمت گره‌های موجود در مقبره شاه اسماعیل، کاخ چهل‌سون، عمارت هشت بهشت و عمارت عالی قاپو اشاره کرد.

فیلم برداری شده است و سپس به صورت زیر تمامی مراحل پیاده سازی شد (جدول ۵). این روش ترسیم برای نخستین بار در این پژوهش به صورت مکتوب درآمده است.

جدول ۵. مراحل روش ترسیم نامکتوب گره مادر

	<p>عرض زمینه را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.</p>		<p>ابتدا زمینه را با نسبت عرض به طول معادل $11011/8000$ رسم می‌کنیم.</p>
	<p>به اندازه $1/4$ قطر زمینه از چهار گوشه مستطیل روی طول جدا می‌کنیم و نقطه E را به F و G را به H متصل می‌کنیم.</p>		<p>قطرهای زمینه را رسم می‌کنیم.</p>
	<p>به اندازه KO یا LO از چهار گوشه مستطیل روی طول جدا می‌کنیم تا نقاط P, Q, R, S به دست آیند.</p>		<p>از وسط عمود منصف زمینه نیز به اندازه $1/4$ قطر به سمت بالا و پائین جدا می‌کنیم و نقطه I را به G و H و نقطه J را به E و F وصل می‌کنیم و امتداد می‌دهیم تا عرض زمینه را قطع کنند.</p>

	<p>از نقطه E به موازات GG' خطی رسم می‌کنیم تا عرض زمینه را در نقطه H' قطع کند. این کار را برای نقاط G، H، F و نیز تکرار می‌کنیم.</p>		<p>به اندازه فاصله PE روی طول مستطیل و به سمت داخل جدا می‌کنیم و این کار را برای خطوط HS، QF و GR نیز تکرار می‌کنیم تا نقاط T، U، V، W به دست آیند. سپس نقطه‌ها را مطابق شکل به هم متصل می‌کنیم.</p>
	<p>خطوط اضافه را مطابق شکل پاک می‌کنیم. گره ترسیم‌شده، گره کند دو پنج می‌باشد.</p>		<p>از نقطه P به موازات TQ خطی رسم می‌کنیم تا عرض زمینه را در نقطه P' قطع کند. این کار را برای نقاط R، S و Q نیز تکرار می‌کنیم.</p>

روش نامکتوب ترسیم گره مادر همانند سایر روش‌ها دارای ویژگی‌ها، مزایا و معایبی می‌باشد که در جدول‌های ۶ و ۷ بررسی شده‌اند:

جدول ۶

ابزار مورد استفاده	نیاز به گسترش گره	نیاز به زیرنقش	مورگرا ^۱	گوشه‌گرا ^۲	قاب مشخص	عرض مشخص	طول مشخص
خط کش	-	*	*	-	-	-	-

۱. ترسیم گره از مرکز دایره شروع و سپس گسترده می‌شود. در این شیوه شمسه گره در وسط کادر قرار دارد.
 ۲. در این شیوه ترسیم از یک گوشه نقش شروع شده و گسترده می‌شود. بخشی از شمسه گره در گوشه گره ترسیم می‌شود.

جدول ۷

دایره	خط عمود	خط موازی	تقسیم خط	تقسیم دایره	تقسیم زاویه	مراحل ترسیم	شکل پایه برای ترسیم
-	۷	۴	۳	-	-	۱۰	مستطیل

در این روش ابزار موردنیاز برای ترسیم گره خط کش است (جدول ۶). در روش‌هایی که نیاز به رسم دایره باشد به دلیل احتمال جابه‌جایی مرکز دایره و یا خطا در زمان استفاده از ریسمان، بروز خطا به میزان اندکی امکان‌پذیر است (جدول ۷). روش نامکتوب در مقایسه با روش دوم، که نیازمند ترسیم دایره نیست، مرحله تقسیم زاویه وجود ندارد که جز مزایای این روش محسوب می‌شود. همچنین در این روش برای پیاده‌سازی زیر نقش، نیاز به تعداد زیادی خط عمود و موازی است اما تعداد خط‌های موازی نسبت به سایر روش‌ها کمتر است، اما با این حال این مراحل، باعث سخت‌تر شدن این روش نسبت به سایر روش‌ها شده است (جدول ۷). در یک مقایسه کلی این روش از روش‌های پیش‌تر ساده‌تر و در نتیجه بهتر به نظر می‌رسد.

تحلیل روش نامکتوب ترسیم گره مادر و زاویه ویژه به کار رفته در این روش در زمان‌های گذشته که هنوز معماری بر پایه دانش آکادمیک بنیاد نشده بود، پایداری ساختمان، فرم تزئینات، ابعاد و اندازه‌های ساختمان و تناسب بین فرم و زیبایی بنا، بر اساس هندسه‌ای بود که از نسلی به نسل دیگر انتقال می‌یافت؛ این هندسه همواره از زبانی ساده و درخور فهم بهره می‌برد (مهدی زاده سراج، تهرانی و ولی بیگ، ۱۳۹۰). هندسه‌ای که بسیار دقیق و دارای بنیان ریاضی استواری بود. معماران سنتی بدون آگاهی از هندسه نظری همواره در طراحی‌های گره‌های تزئینی، به‌طور ناخواسته این دانش را به‌کار برده‌اند. زاویه طلایی ۱۸ درجه و مضرب‌های آن در تمامی زوایای گره‌ها به‌خصوص گره مادر به‌کار رفته است. زاویه‌ای که معماران بدون محاسبات و بدون استفاده از نقاله با ترسیم دوایر و خطوط متقاطع در گره‌های خود رسم می‌کردند. زاویه ۱۸ درجه را می‌توان به عنوان یکی از زاویه‌های طلایی در تزئینات هندسی (گره چینی) دانست (جدول ۸).

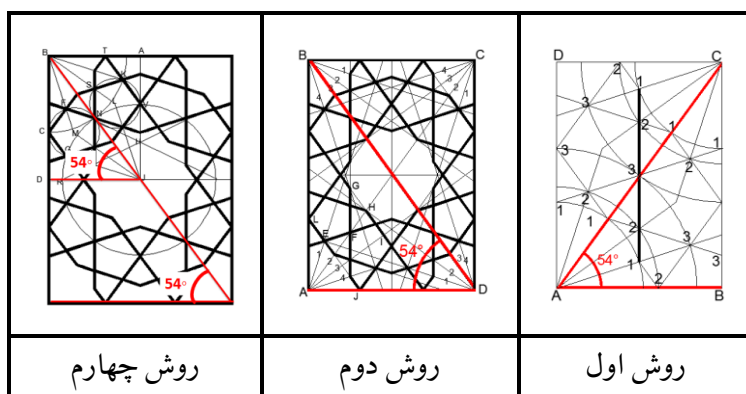
جدول ۸. زوایای به‌کاررفته در گره مادر

اندازه زاویه (درجه)	نام زاویه
$54 = 3 \times 18$	a_1, a_3
$72 = 4 \times 18$	a_2, c_1, c_3, e_1, e_3
$90 = 5 \times 18$	B
$108 = 6 \times 18$	c_2, c_4, e_2, e_4
$144 = 8 \times 18$	d_1
$216 = 12 \times 18$	d_2

در زمان‌های گذشته، یکی از مسائل مطرح‌شده توسط ریاضی‌دان‌ها این بوده است که عددی غیر صحیح را با یک کسر متعارفی معادل نمایند. نگارندگان تلاش‌های بسیاری کرده‌اند تا علت نسبت و کسر متعارفی به‌کار رفته در قاب گره مادر را به دست آورند. با بررسی‌های انجام‌شده و تحلیل زوایای موجود در گره مادر، زاویه طلایی ۵۴ درجه (مضرب ۱۸ درجه) نسبت طول و عرض زمینه را مشخص می‌کند. این نسبت نیز در سایر گره‌هایی که از گره کند به‌دست می‌آیند دیده می‌شود. لذا پیاده‌سازی زاویه ۵۴ درجه به‌راحتی می‌تواند طول و عرض زمینه را مشخص سازد. به عبارت دیگر، با داشتن عرض زمینه و زاویه موردنظر طول به دست خواهد آمد یا بالعکس. همچنین این زاویه از زوایای بسیار پرکاربرد در مهره‌های گره چینی است. برای پیاده کردن زاویه ۵۴ درجه نسبت طول به عرض قاب بایستی پیاده شود ولی معماران گذشته ابزاری برای پیاده‌سازی زوایا، یعنی نقاله، نداشتند. پس نیاز به یک راهکار هندسه عملی است. تنها یکی از راهکارهای آنها به‌دست آوردن نسبت مشخصی بین طول و عرض بود که در اینجا برابر با $\tan 54$ است که مقدار آن $1/37638$ است بنا بر این همواره باید نسبت طول به عرض تقریباً با این مقدار برابر باشد ولی پیاده‌سازی خود این نسبت نیز به‌سادگی میسر نیست. برای دقیق‌تر شدن گره به‌ویژه در کارهای ریز به‌خصوص گره‌های چوبی، نسبت‌های دقیق‌تری باید پیاده شود. این نسبت به شکل یک کسر متعارفی قابل بیان است. هوشمندی گره چینان و معماران کهن در این است که به دلیل دانش هندسی و

ریاضی بسیار قوی آنها از زمان گذشته به نسبت ۱۱۰۱۱ به ۸۰۰۰ رسیده‌اند. لازم به ذکر است که این نسبت تا چهار رقم اعشار با عدد $\tan 54^\circ$ برابر است. بنا بر این با داشتن این دو عدد عموماً گره چینان نسبت طول به عرض قاب را در حالت ساده‌شده ۱۱ به ۸ می‌گرفتند. این زاویه طلایی در تمامی روش‌ها برای پیدا نمودن قاب و یا طول گره به‌کار رفته است. در روش‌های مکتوب محل تلاقی قاعده دوم زاویه پس از تقسیم به پنج با خط عمود بر عرض تعیین‌کننده طول قاب بود. زاویه‌ای که این قاعده با عرض کادر ایجاد می‌کند زاویه ۵۴ درجه است (جدول ۹).

جدول ۹. زاویه طلایی به‌کار رفته در روش‌های گوناگون ترسیم گره مادر



جمع‌بندی

طراحان در پیاده‌سازی گره‌های هندسی، همواره سعی داشته‌اند بر اساس تجربه خود روشی را ابداع کنند تا از سایر روش‌های پیشین خود ساده‌تر و بهینه‌تر باشد. بدین منظور بر اساس دانش ریاضی خود و به‌کار بردن مسائل هندسی در پیاده‌سازی گره‌ها، از ابزارهای مختلف مانند خط کش و پرگار استفاده کرده و در اجرای نقوش مراحل مختلفی را مانند تقسیم زاویه، رسم دایره و رسم خطوط موازی و عمود به‌کار می‌بردند که هر یک از این مراحل خود دارای پیچیدگی‌هایی است (پیوست ۱). گره‌کننده دو و پنج که به‌عنوان گره مادر شناخته می‌شود مورد توجه بسیاری از طراحان بوده است. طراحان این گره، بر اساس توانمندی خود، سعی کرده‌اند به روش‌هایی برسند که دارای کم‌ترین مراحل و کم‌ترین میزان استفاده از روش‌های پیچیده باشند و یا با جایگزین کردن مراحل ساده‌تر روشی بهینه را ابداع نمایند. در این میان چهار روش نسلی به نسل

دیگر انتقال یافته و مکتوب گردیده است. برخی از این روش‌ها ساده‌تر بوده‌اند و به همین دلیل توسط معماران و طراحان بیشتری استفاده شده‌اند. برخی روش‌های ترسیم گره ناشناخته مانده و حتی برخی از آنها فراموش شده‌اند. برخی از این روش‌ها دارای ویژگی‌های نهفته ریاضی هستند که روش پیاده‌سازی گره را از سایر روش‌ها متمایز کرده است که نشان می‌دهد معماران بدون داشتن دانش هندسه نظری بر اساس تجربه، توانایی و مهارت خود به مرور زمان به این روش دست یافته‌اند.

نتیجه

طراحان برای پیاده‌سازی گره‌های هندسی از طناب یا ریسمان به عنوان پرگار در ابعاد بزرگ و از پرگارهای چوبی در ابعاد کوچک استفاده می‌کردند. علاوه بر این، برخی از طراحان سعی در استفاده از پرگارهایی با دهانه ثابت داشته‌اند تا در ترسیم گره خطای کمتری رخ دهد. برای ترسیم خطوط از خط‌کش ستاره و برای مقیاس بزرگ از ریسمان استفاده می‌کردند. روش‌های مختلف ترسیم گره مادر معایبی دارند از جمله نیاز به ترسیم خطوط موازی و یا عمود از نقاط مشخص، ترسیم دوائر زیاد و تقسیم آنها که احتمال بروز خطا را در ترسیم گره مادر افزایش داده و روش ترسیم را دشوار می‌کند و نیاز به ابزار ساده در ترسیم مانند خط‌کش، پرگار و یا ریسمان از مزایای این روش‌ها محسوب می‌شود (جدول ۳). همچنین در برخی از این روش‌ها مانند روش نامکتوب تنها ابزار مورد نیاز خط‌کش بوده و این امر دقت رسم را افزایش می‌دهد (جدول ۶). در روش نامکتوب طراحان نسبتی مشخص و خاص را به‌کار برده‌اند که احتمالاً نسل به نسل گشته و طراحان بدون داشتن دانش ریاضی و هندسه در قاب گره از این عدد استفاده می‌کرده‌اند. این کسر متعارفی، بسیار نزدیک به تانژانت زاویه ۵۴ درجه است که ویژگی نهفته‌ای در این روش ترسیم محسوب می‌شود.

منابع

- سعید، عصام و عایشه پارمان. (۱۳۶۳ش). نقش‌های هندسی در هنر اسلامی. ترجمه مسعود رجب نیا. تهران: نشر سروش.
- امیرغیاثوند، محبوبه. (۱۳۸۲ش). هنر گره چینی در معماری. تهران: نشر تکوک زرین.
- امین پور، احمد و محمدرضا اولیاو رضا ابویی و بیتا حاجبی. (۱۳۹۴ش). «پیشنهاد مدلی برای ترسیم گره در تزئینات وابسته به معماری اسلامی». نامه معماری و شهرسازی، شماره ۱۵، ص ۵۷-۷۷.
- بروخ، اریک. (۱۳۸۷ش). نقوش هندسی اسلامی طرح و ترسیم. ترجمه بهروز ذبیحیان. تهران: نشر مازیار.
- _____. (۱۳۹۰ش). نقوش هندسی در معماری اسلامی (ترسیم گام‌به‌گام بدون محاسبات ریاضی). ترجمه مژگان هاتفی. تهران: نشر یزدا.
- تهرانی، فرهاد. (۱۳۷۱ش). «ورای هندسه تاغ و گنبد». مجله صفا، دانشگاه شهید بهشتی، شماره ۸ و ۷، ص ۱۴-۲۱.
- حلی، علی‌اکبر. (۱۳۶۵ش). گره‌ها و قوس‌ها در معماری اسلامی. تهران: نشر حلی.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۶۵ش). گره چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی. تهران: نشر دانشگاهی.
- _____. (۱۳۶۷ش). کاشی‌کاری ایران. تهران: نشر کیهان.
- شعرباف، اصغر. (۱۳۶۲ش). گره و کاربردی. تهران: نشر سبحان نور.
- شفایی، جواد. (۱۳۸۰ش). هنر گره‌سازی در معماری و درودگری. تهران: نشر انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.
- شماعی، علی و احمد پور احمد. (۱۳۸۴ش). بهسازی و نوسازی شهری از دیدگاه علم جغرافیا. تهران: دانشگاه تهران.
- فارابی، ابونصر محمد. (۱۳۸۱ش). احصاء العلوم. برگردان حسین خدیو جم. تهران: علمی و فرهنگی، تهران.
- فرشته نژاد، مرتضی. (۱۳۸۹ش). گره‌سازی و گره چینی در هنر معماری ایران. تهران: نشر انجمن آثار ملی.
- قربانی، ابوالقاسم و محمد علی شیخان. (۱۳۷۱ش). بوزجانی نامه. تهران: علمی و فرهنگی.
- ماهرالنقش، محمود. (۱۳۷۳ش). آجر و نقش. تهران: نشر ماهرالنقش.
- مفید، حسین و مهناز رئیس زاده. (۱۳۸۴ش). احیا هنرهای از یادرفته (به روایت استاد حسین لرزاده). تهران: نشر مولا.

مطالعه مقایسه‌ای گره مادر.../ ۲۷۱

نجیب اوغلو، گلرو. (۱۳۷۹ش). هندسه و تزئین در معماری اسلامی. ترجمه مهرداد قیومی بیدهندی. تهران: نشر روزنه.

مهدی زاده سراج، فاطمه و فرهاد تهرانی و نیما ولی بیگ. (۱۳۹۰ش). «به‌کارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده‌سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران.» مجله مرمت آثار و بافت‌های تاریخی فرهنگی، شماره اول، ص ۱۵-۲۶.

Bonner, Jay. (2003). "Three Traditions of Self-Similarity in Fourteenth and Fifteenth Century." *Islamic Geometric Ornament; Bridges Conference Proceedings*.

P. R. Cromwell. (2003). "Islamic geometric designs from the Topkapı Scroll II: a modular design system." *J. Math. and the Arts*, 4, pp. 119–136.

Tony Lee & Ayman Soliman. (2014). *The Geometric Rosette: analysis of an Islamic decorative motif*.

A. J. Lee. (1987). "Islamic Star Patterns." *Muqarnas*, no. 4.

E. H. Hamkin. (1925). *The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art*. Calcutta.

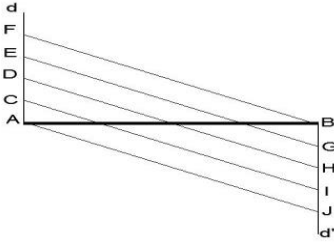
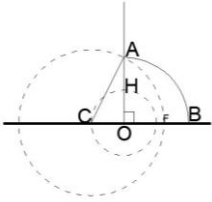
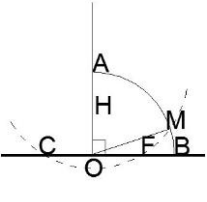
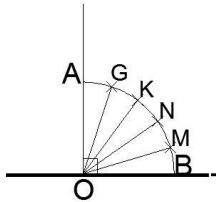
C. S. Kaplan. (2005). "Islamic star patterns from polygons in contact." *Graphics Interface, ACM, International Conference Proceeding Series*, vol. 11, pp. 177–186.

P. R. Cromwell. (2009). "The search for quasi-periodicity in Islamic 5-fold ornament." *Math. Intelli-gencer*, vol. 31 no 1, pp. 36–56.

پیوست ۱. روش‌های ترسیم خط عمود و موازی، تقسیم دایره، خط و زاویه

<div data-bbox="592 539 911 757" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="347 763 1157 1055">برای ترسیم خطی عمود بر یک خط از نقطه‌ای خارج از آن (O)، در ابتدا به مرکز نقطه مورد نظر یک کمان رسم می‌کنیم تا خط AB را در دو نقطه m و n قطع کند. سپس به مرکز دو نقطه m و n دو دایره با شعاع‌های مساوی رسم می‌کنیم تا یکدیگر را در نقاط w و k قطع کند (شعاع دوایر باید از نصف فاصله دو نقطه m و n بیشتر باشد). با اتصال دو نقطه w و k به یکدیگر، خط عمود بر خط AB از نقطه O رسم می‌شود.</p>	<p>ترسیم خط عمود</p>
<div data-bbox="549 1144 959 1301" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="347 1308 1157 1599">برای رسم خطی موازی با یک خط از نقطه‌ای مشخص (O)، در ابتدا نقطه‌ای فرضی بر روی خط AB در نظر گرفته می‌شود و به شعاع no و به مرکز n کمانی رسم می‌کنیم. این کمان خط AB را در نقطه m قطع می‌کند. از نقطه m به شعاع mo یک کمان رسم می‌کنیم. سپس از نقطه n به شعاع no کمانی رسم می‌کنیم که از محل تلاقی این دو کمان نقطه k حاصل شود. با اتصال نقطه k به O خط موازی با خط AB از نقطه O رسم می‌شود.</p>	<p>ترسیم خط موازی</p>

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>شکل ۳</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>شکل ۲</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>شکل ۱</p> </div> </div> <p>برای تقسیم دایره به پنج قسمت مساوی در ابتدا قطر دایره را رسم می‌کنیم (AB). شعاع عمود بر قطر را رسم می‌کنیم (CO). سپس وسط شعاع OB را مشخص می‌کنیم. به مرکز M و شعاع MC کمانی رسم می‌کنیم تا قطر را در نقطه N قطع نماید (شکل ۱). سپس به مرکز C و شعاع CN کمانی رسم می‌کنیم تا دایره را در نقطه F قطع کند. کمان CF یک پنجم دایره است (شکل ۲). دهانه پیرگار را به اندازه CF باز می‌کنیم و بر روی محیط دایره کمان‌هایی به اندازه CF جدا می‌کنیم. نقاط C، F، G، H و J دایره را به پنج قسمت مساوی تقسیم می‌کنند (شکل ۳).</p>	<p>تقسیم دایره به پنج قسمت مساوی</p>
<div style="text-align: center;"> </div> <p>برای تقسیم دایره به ده قسمت مساوی ابتدا دایره به پنج قسمت مساوی تقسیم می‌شود. سپس وترهای به دست آمده کمان‌های CF، FG، GH، HJ و CJ را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. کمان CK یک دهم از دایره است. دهانه پیرگار را به اندازه CK باز می‌کنیم و بر روی محیط دایره کمان‌هایی به اندازه CK رسم می‌کنیم. دایره با این روش به ده قسمت مساوی تقسیم می‌شود.</p>	<p>تقسیم دایره به ده قسمت مساوی</p>

 <p>برای تقسیم خط به تعداد مساوی در ابتدا دو خط عمود در جهات مخالف از دو سر خط رسم می‌کنیم (d و d'). سپس بر اساس تعداد تقسیمات موردنظر، بر روی این دو خط عمود واحدهای مساوی جدا می‌کنیم. با اتصال این نقاط مانند شکل، محل برخورد این خطوط رسم شده با خط AB نقاط تقسیم خط را مشخص می‌کند.</p>	<p>تقسیم خط</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>شکل ۱</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>شکل ۲</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>شکل ۳</p> </div> </div> <p>سوزن پرگار را بر روی رأس زاویه قائم (O) قرار می‌دهیم و کمانی رسم می‌کنیم. محل تلاقی کمان با دو ضلع زاویه نقاط A و B را مشخص می‌کند. به اندازه نصف AO (OH) و به مرکز O کمانی رسم می‌کنیم تا نقطه C حاصل شود (شکل ۱). به مرکز C و شعاع CA کمانی رسم می‌کنیم تا نقطه F به دست آید. به مرکز A و شعاع AF کمانی رسم می‌کنیم تا نقطه M حاصل شود (شکل ۲). نقطه O را به M متصل می‌کنیم. زاویه BOM یک پنجم زاویه قائمه است. دهانه پرگار را به اندازه کمان BM باز می‌کنیم و بر روی کمان AB به اندازه کمان BM جدا می‌کنیم. نقاط K، N، G را به نقطه O متصل می‌کنیم. خطوط به دست آمده زاویه را به پنج قسمت مساوی تقسیم می‌کنند (شکل ۳).</p>	<p>تقسیم زاویه</p>