A New Approach to Drawing 10 Point Girih Motifs Using Baseline Method

Majid Deheshti

M.Arch. Shahab Danesh University, Qom

Mahdi Khosh Nejad

Experimental Architect, Qom

Mohammad Mannan Raeesi, PhD (corresponding author)

Assistant Professor, Faculty of Technology and Engineering, University of Qom

Decorations in Islamic art are often built on combinations of repeated squares and circles, which may be overlapped and interlaced to form intricate and complex patterns. Based on the shapes drawn from the circle, the earliest geometrical forms in Islamic art were occasional isolated geometric shapes such as 8-pointed stars and lozenges containing squares. These date from 836 in the Great Mosque of Kairouan, Tunisia, and since then have spread all across the Islamic world. In 1086, 7 and 10 point girih patterns (with heptagons, 5 and 6 pointed stars, triangles and irregular hexagons) appear in the Jameh Mosque of Isfahan. 10 point girih became widespread in the Islamic world and this kind of girih (10 point girih) is the subject of this paper.

Girih are elaborate interlacing patterns formed of five standardized shapes. The style is used in Persian Islamic architecture and also in decorative woodwork. Girih designs are traditionally made in different media including cut brickwork, stucco, and mosaic faience tilework.

In architecture, girih forms decorative interlaced strap work surfaces from the 15th century to the 20th century. Most designs are based on a partially hidden geometric grid which provides a regular array of points; this is made into a pattern using 2-, 3-, 4-, and 6 fold rotational symmetries which can fill the plane. The visible pattern superimposed on the grid is also geometric, with 10 and 12 pointed stars and a variety of convex polygons, joined by straps which typically seem to weave over and under each other.

A recurring motif is the 8-pointed star, often seen in Islamic tilework; it is made of two squares, one rotated 45 degrees with respect to the other. The fourth basic shape is the polygon, including pentagons and octagons. All of these can be combined and reworked to form complicated patterns with a variety of symmetries including reflections

and rotations. Such patterns can be seen as mathematical tessellations, which can extend indefinitely and thus suggest infinity.
As it cited above, in this article, the method of 10 point girih drawing is essayed and in order to maintain and ease the use of this lasting legacy in contemporary Iranian Islamic architecture, the question arises as to how to minimize the tools and stages of 10 point girih drawing, invented a method for drawing schematics in addition to speeding up the practice of drawing and applying motifs. Authors, in response to this question, have developed a method called the baseline method (eighteen – eighteen Method), which presented an original pattern for drawing 10 point girih motifs. The most difference between this new method and traditional method is that in this method, girih would been drawn without using circle and compasses which results in a higher speed for girih drawing.
In this research, a combinative method has been used; the data collection is based on library documentation studies, and a kind of logical methodology based on mathematical relationships and mathematical proportions, is used for presenting a suitable model for drawing 10 point girih.

Keywords: 10 point girih, motif, compasses, base line, base circle.

رویکردی نو برای ترسیم نقش‌مایه‌های گره ده با استفاده از روش پاره‌خط مبنا[1]

مجید دهشتی[2]

مهدی خوش‌نژاد[3]

محمد منان رئیسی[4]

استادیار دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه قم

دریافت: ۶ اردیبهشت ۱۳۹۶
پذیرش: ۱ بهمن ۱۳۹۸
(صفحهٔ ۹۰-۸۳)

کلیدواژگان: گره ده، آلت، پرگار، پاره‌خط مبنا، دایره‌مبنا.

چکیده

گره‌های سنتی ترکیبی از واحدهای هندسیِ پایه هستند که به نقش‌مایه یا آلت‌های گره معروف هستند و هرکدام شمایل تعریف‌شده و مشخصی دارند. در روش‌های سنتی مرسوم ترسیم نقش‌مایه‌ها یا آلات گره، به دلیل استفاده از ابزارهای متعدد ترسیمی و ترسیم الگوهای متمایز برای هر آلت، باعث پیچیدگی و زمان‌بر بودن ترسیم گره می‌شوند. به منظور رفع این مسئله، در این پژوهش پاسخ این سؤال پیگیری می‌شود چگونه می‌توان با به حداقل رساندن ابزار و مراحل ترسیمی، روشی را برای ترسیم آلات یا نقش‌مایه‌های گره ابداع کرد که بتوان، علاوه بر بالا بردن سرعت عمل در ترسیم و پیاده کردن این گره، ضریب خطا و اشتباهات را به حداقل رساند؟ نگارندگان در این مقاله در پاسخ به این سؤال، با تمرکز بر یکی از انواع گره (گره ده)، روشی را با عنوان «روش پاره‌خط مبنا» معرفی کرده‌اند که با استفاده از رویکردی نوآورانه، به تعریف الگوی بدیعی برای ترسیم آلات این گره می‌انجامد.
یافته‌های این پژوهش با استفاده از روشی ترکیبی حاصل شده است؛ به طوری که گردآوری داده‌ها با استفاده از روش مطالعات اسنادی کتابخانه‌ای انجام شده است؛ لیکن تحلیل داده‌ها، که منتج به عرضهٔ روش پاره‌خط مبنا شده است، با استفاده از روش استدلال منطقی تبیین شده است. در این مقاله، ضمن مقایسهٔ روش‌های سنتی با روش پیشنهادی، مشخص می‌شود که روش پاره‌خط مبنا، تأثیر یکی از مهم‌ترین ابزارهای ترسیم گره، یعنی پرگار، را به حداقل می‌رساند که این امر، علاوه بر بالابردن سرعت ترسیم، به کاهش ضریب خطا در فرایند ترسیم گره منتهی می‌شود.

مقدمه

گره‌سازی و گره‌چینی از مهم‌ترین میراث معماری ایرانی اسلامی هستند که طی نسل‌های متمادی بر غنای آن با نقوش مختلف افزوده شده است. گره‌ها به طور کلی به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: دستهٔ اول گره‌هایی که از مثلث و مربع زاییده می‌شوند (یعنی در این دسته زیرنقش‌ها و آلات آن‌ها از مثلث و مربع به دست می‌آیند)، دستهٔ دوم گره‌هایی که از طریق پنج‌ضلعی به دست می‌آیند، و دستهٔ سوم

۱. ایـــن مقاله برگرفتـــه از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشـــد مهندسی معماری نویسندهٔ اول است با عنوان *روش‌هایی نو در ترسیم نقش‌مایه‌های گره ده تند و کند* که به راهنمایی نویسندهٔ سوم و مشاوره‌های تجربی و فنی نویسندهٔ دوم در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه شهاب دانش قم دفاع شده است.

۲. کارشناسی ارشد معماری، مؤسسهٔ آموزش عالی شهاب دانش، قم
Deheshti_m@yahoo.com
۳. معمار تجربی، قم
m571khosh@gmail.com
۴. نویسندهٔ مسئول
m.raeesi@qom.ac.ir

پرسش تحقیق

چگونه می‌توان با به حداقل رساندن ابزار و مراحل ترسیمی، روشی را برای ترسیم آلات یا نقش‌مایه‌های گره ده ابداع کرد که بتوان، علاوه بر بالا بردن سرعت عمل در ترسیم و پیاده کردن این گره، ضریب خطا و اشتباهات را به حداقل رساند؟

نیز گره‌های دست‌گردان هستند.[۵] در این میان گره ده به گروه دوم تعلق دارد؛ زیرا در دستهٔ اخیر زیرنقش‌ها و آلت‌های آن از پنج‌ضلعی به دست می‌آیند.

گره ده نقش ماندگاری است که امروزه آن را، در انواع مختلفش، بر بسیاری از آثار ارزشمند تاریخی می‌توان مشاهده کرد. به منظور حفظ این میراث ماندگار و با تأکید بر تصرف نکردن در ترکیب هندسی آلات این گره، در پژوهش حاضر، این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان با به حداقل رساندن ابزار و مراحل ترسیمی، روشی را برای ترسیم آلات یا نقش‌مایه‌های گره ده ابداع کرد که بتوان علاوه بر بالا بردن سرعت عمل در ترسیم و پیاده کردن این گره، ضریب خطا و اشتباهات را به حداقل رساند؟ بر همین اساس، هدف اصلی در این پژوهشْ دستیابی به روشی برای ترسیم آلت‌های گره ده با حداقل ابزار ترسیمی است.

منظور از آلت یا نقش‌مایه در هنر گره‌سازی، هر واحد از مجموع نقوش هندسی است که در یک زمینه (واحد گره) قرار گرفته باشند. بنابراین واحد کار در گره‌چینی و گره‌سازی را «آلت گره» می‌گویند. هر آلت گره شکل خاصی دارد که بنا به شباهتش به اشیای طبیعی و یا دست‌ساخت بشر نام‌گذاری شده است. ممکن است یک آلت گره به چند اسم خوانده شود و یا برای چند آلت گره یک نام انتخاب شده باشد و این ناشی از برداشت هنرمند گره‌ساز از فضای اطرافش است؛ چرا که گره‌های سنتی ترکیبی از واحدهای هندسی پایه هستند که به همین آلت‌ها معروفند و هرکدام تعریف‌شده و مشخص هستند. گره ده آلات مختلفی نظیر طبل، سرمه دارن، شمسه تند، شمسه کند و غیره دارد، که تاکنون و با استفاده از از روش‌های سنتی مرسوم، همهٔ این آلات با استفاده از دایره‌ای پایه ترسیم می‌شده‌اند و سعی نگارندگان بر این است تا در این پژوهش، با حذف این دایرهٔ پایه، روش کم‌خطاتری را برای ترسیم این آلات عرضه کنند.

۱. پیشینهٔ تحقیق

برخلاف پندار برخی محققان و مستشرقان، که تصور می‌کنند تنها منابع به‌جامانده در موضوع گره‌های اسلامی آثار معماری به‌جامانده از قرون میانی و نیز استاد تصویری تومارهای توپ قاپو است، منابع و اسنادی مکتوب در گنجینهٔ تألیفات هندسی و معماری از قرون گذشته بر جای مانده است که

۵. کامبیز نوایی و کامبیز حاجی‌قاسمی، خشت و *خیال*، ص ۱۷۸.

حاوی شرح روش‌های مختلف ترسیم برخی الگوهای هندسی از جمله گره‌ها هستند. ابو اسحاق بن عبدالله کوبنانی در قرن نهم هجری، پس از ترجمهٔ *رسالهٔ اعمال الهندسه* اثر ابوالوفا محمد البوزجانی، قسمت‌هایی را به متن اصلی ضمیمه کرده است و نحوهٔ ترسیم برخی گره‌های سنتی را بر اساس انطباق با بستر گره شرح می‌دهد؛ البته برخی اعتقاد دارند رسالهٔ ابوالوفا از رسالهٔ هندسه منسوب به فارابی اقتباس شده است[۶].

علاوه بر اسناد تاریخی و شرح ترسیمات قدما، مکتوب ساختن گفته‌های معماران سنتی که میراث‌دار آموزش‌های سینه‌به‌سینه هستند، در سدهٔ اخیر مجموعه‌ای ارزشمند از نحوهٔ طراحی و اجرای گره‌های هندسی در اختیار ما قرار گرفته است. برای نمونه، طومار توپ قاپو یکی از مجموعه ترسیمات تزیینات هندسی مربوط به قرون نه و ده هجری است که شامل ۱۱۴ گره و یا واحد پایهٔ گره است[۷]. نمونهٔ دیگرْ روایت مبانی معماری سنتی ایران از زبان استاد حسین لرزاده است که روش طراحی بسیاری از گره‌های هندسی بر اساس زمینه و خط رمز را عرضه کرده است.[۸] در کتابی دیگر، که به جمع‌آوری دست‌نگارهای استاد اصغر شعرباف اختصاص دارد، نمونه‌های ترسیمات گره‌های سنتی بر اساس بسترهای مختلف نشان داده شده است.[۹] الگوی گره‌های مختلف و شرح ترسیم برخی از آن‌ها از سوی اساتید ماهرالنقش و زمرشیدی طی سال‌های اخیر منتشر شده است[۱۰] که در میان این کتب مرجع، تنها استاد زمرشیدی به روش ترسیم آلت‌های گره اشاره کرده است.

از پژوهش‌های متأخر در زمینهٔ ترسیم انواع نقوش و گره‌ها می‌توان به پژوهش سعید و پارمان اشاره کرد که برای ترسیم انواع گره از الگوی دوایر راهنما استفاده کرده‌اند.[۱۱] همچنین می‌توان به برخی مقالات احمد امین‌پور اشاره کرد؛ نظیر مقالهٔ «ارائهٔ دو روش جدید در ترسیم گره و مقایسهٔ آن‌ها» که با هدف پارامتریک کردن رسم نقوش برای ترمیم نقوش هندسی بناهای سنتی غیرمسطح تألیف شده است.[۱۲] ایشان در مقالهٔ دیگری با عنوان «پیشنهاد مدلی برای ترسیم گره در تزیینات وابسته به معماری اسلامی»، با تمرکز بر پارامتریک کردن رسم نقوش هندسی، در جهت رفع مشکلات شیوهٔ هانکین[۱۳] (مثل محاسبات شبکه‌های چند ضلعی، نوع و زاویهٔ برخورد آن‌ها، و غیره) تلاش کرده است.[۱۴] از دیگر پژوهش‌های مرتبط با موضوع این مقاله، پژوهش فاطمه مهدی‌زاده و همکاران با عنوان «به‌کارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده‌سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران» است که با محوریت تقسیم‌بندی خطوط و ترسیم گره‌چینی‌های هندسی با روش مثلث‌های هنجار بر پایهٔ مفاهیم ساده هندسیِ قابل درک تألیف شده است[۱۵].

علاوه بر پژوهش‌های داخلی، تعداد قابل‌توجهی از اسناد و پژوهش‌های مرتبط با این موضوع از سوی پژوهشگران غربی منتشر شده است که در آن‌ها، علاوه بر اشاره به مواردی همچون گونه‌شناسی گره‌های موجود در سرزمین‌های اسلامی، روش‌های مختلفی برای ترسیم انواع گره‌ها و زمینه‌های حاصل از گره‌ها (و نه آلات گره) پیشنهاد شده است.[۱۶] اما وجه نوآوری مقالهٔ پیش رو در مقایسه با پژوهش‌های پیش‌گفته این است که در پژوهش حاضر با تأکید بر روابط هندسی در آلات گره ده، روش بدیعی را برای ترسیم این آلات عرضه شده است که اساسی‌ترین کاربرد آن تسهیل و تسریع در مرمت و ترمیم آثار معماری مختلفی است که از گره ده در جزئیات و آرایه‌های خود بهره برده‌اند.

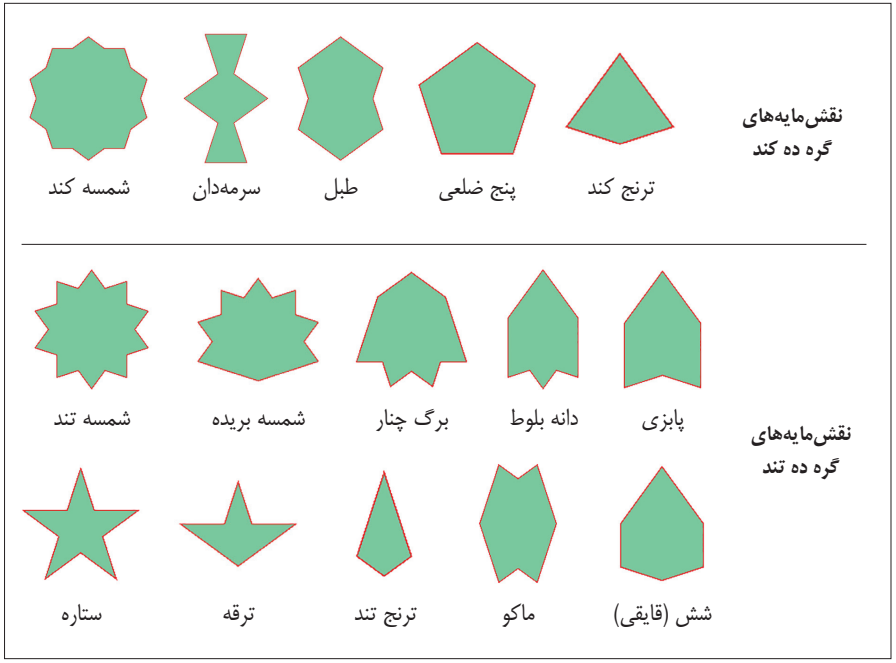
۲. بررسی و تحلیل

هر یک از آلات مختلف گره دارای شمایل و تعریف مشخصی است که این شمایلِ مشخصْ حاصل مواردی نظیر جهت خطوط و زاویه‌ها و نسبتِ اندازه‌ها در آلت مزبور هستند. گره‌ساز در طراحی گره هر شکلی را نمی‌پسندد و انتخاب نمی‌کند و تا آنجا که ممکن است شکل آلت‌های انتخابی خود را بر اثر ضرورت‌های

۶. جواد نیستانی، «سابقهٔ ترسیم نقشه و کاربرد هندسه و حساب در معماری اسلامی (از سده‌های نخستین تا اواسط قرن نهم قمری)»، ص ۴۶.
۷. گل‌رو نجیب اوغلو، *هندسه و تزیین در معماری اسلامی (طومار توپکاپی)*، ص ۵۰-۵۲.
۸. نک: مهناز رئیس‌زاده و حسین مفید، *احیای هنرهای از یاد رفته*.
۹. نک: اصغر شعرباف، *گره و کاربندی*.
۱۰. نک: محمود ماهرالنقش، *کاشی‌کاری ایران*؛ حسین زمرشیدی، *گره‌چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی*.
۱۱. نک: عصام سعید و عایشه پارمان، *نقش‌های هندسی در هنر اسلامی*.
۱۲. احمد امین‌پور و همکاران، «ارائهٔ دو روش جدید در ترسیم گره و مقایسهٔ آن‌ها»، ص ۶۷-۸۴.
۱۳. «ارنست‌هانبری‌هانکین» باکتری‌شناس و طبیعی‌دان انگلیسی در اواخر سدهٔ نوزده به منظور شناخت و درمان بیماری‌های واگیردار در هندوستان ساکن شد. وی در طول اقامت خود به جمع‌آوری اسناد و بازترسیم الگوهای حاصل از آن‌ها پرداخت. وی پس از بازگشت به انگلستان در سال ۱۹۲۵ دستاوردهای خود را در قالب کتابی با نام *ترسیمات الگوهای هندسی در هنر عربی* منتشر کرد. هانکین در بررسی‌های خود با کشف شبکه‌ای هندسی در پس‌زمینهٔ یک نمونه گره نتیجه می‌گیرد که روش ترسیمی این الگوها بر اساس ترسیم شبکه‌ای از ←

ترکیبْ تغییر نمی‌دهد. آلات گره، به‌جز اشکال هندسی منظم، اشکال منظم دیگری نیز دارند که غالب آن‌ها حول یک محورْ تقارن دارند. برای ثبت بهتر در حافظهٔ هنرمند گره کار، در نام‌گذاری این آلات از طبیعت یا اشیای آشنای پیرامون استفاده شده است. مثلاً آلت پابزی (شبیه سُم بز)، آلت ابابیل (شبیه پرستوی در حال پرواز)، آلت سرمه‌دان (شبیه سرمه‌دان آرایشی)، آلت ماکو (شبیه ماسوره نخ‌ریسی)، و یا گیوه (شبیه تخت گیوه) از طبیعت یا وسایل کاملاً آشنا گرفته شده‌اند[۱۷]. همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، در میان انواع گره‌های مختلف، در این پژوهش بر روشی بدیع برای ترسیم آلات گره ده (اعم از تند و کند) تمرکز شده است. در «ت ۱»، قبل از شرح این روش، شمایل آلات مختلف گره ده ارائه شده است.

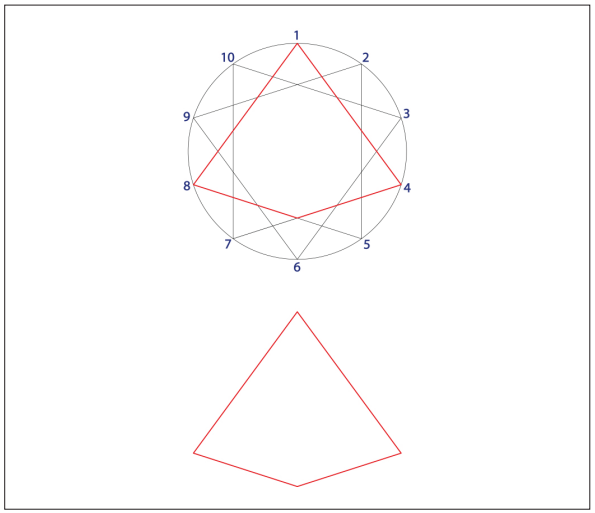
تاکنون و طبق روش‌های سنتی مرسوم، برای ترسیم هر یک از آلات ذکرشده در «ت ۱» از دایره‌ای پایه استفاده می‌شده است و از تقسیم‌بندی محیط این دایره به قطاع‌های مختلف و اتصال نقاط یا رئوس هر یک از این قطاع‌ها به یکدیگر، شمایل آلات مختلف به دست می‌آمده است. «ت ۲ و ۳» نمونه‌هایی از ارتباط شمایل آلات گره ده با دایرهٔ پایه را نشان می‌دهند؛ البته این تصاویر صرفاً مثال هستند و در روش سنتی ترسیم سایر آلات گره ده نیز همگی منوط به ترسیم و قطاع‌بندی دایره پایه با استفاده از پرگار است.

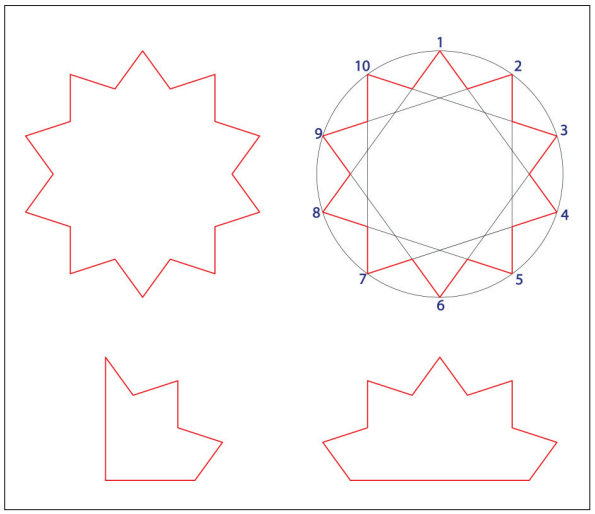


ت ۱ (راست). شمایل آلات گره ده کند و تند؛ تدوین و ترسیم: نگارندگان با اقتباس از زمرشیدی، *گره‌چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی*، ص ۶۵.

ت ۲ (چپ، بالا). ترسیم آلت ترنج کند با الگوی دایرهٔ پایه؛ طرح و ترسیم: نگارندگان با اقتباس از ماهرالنقش، *کاشی‌کاری*، ص ۶۸.

ت ۳ (چپ، پایین). ترسیم آلت شمسهٔ تند با الگوی دایرهٔ پایه؛ طرح و ترسیم: نگارندگان با اقتباس از همان، ص ۵۶.



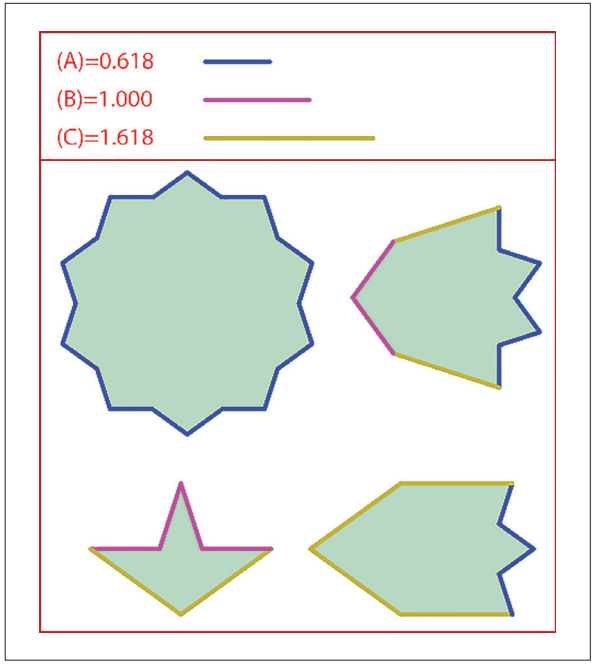


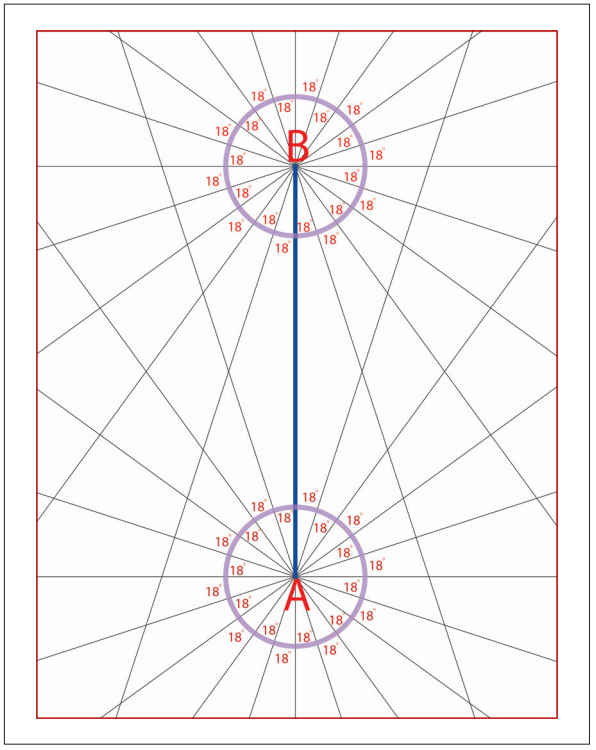
از وجوه بدیع این پژوهش این است که پر آن، با تدقیق در آلات گره ده، این مهم استنباط می‌شود که در همهٔ آلات گره ده نسبت طلایی کاملاً رعایت شده است که پی‌جویی این نسبت در چند نمونه از این آلات در «ت ۴» قابل‌مشاهده است. در این تصویر از ترکیب واحدهای A و B و C نسبت طلایی حاصل شده است که این نسبت در کلیهٔ آلات نمایش داده‌شده قابل‌مشاهده است (دقت در رنگ‌های متناظر با هر یک از واحدهای A و B و C کشف این رابطه در آلات مذکور را تسهیل می‌کند).

بنابراین با توجه به ارتباط آلات گره ده با نسبت طلایی، شاخص ابعاد برای استفاده از روش جدید عرضه‌شده در این مقاله (روش هجده‌ـ هجده یا روش پاره‌خط مبنا) را نسبت طلایی در نظر می‌گیریم.[۱۸] برای این منظور، ابتدا پاره‌خطی مبنا که طی مراحل ترسیم مستطیل طلایی، با فرمول $\sqrt{\frac{۵+\sqrt{۵}}{۲}}$ = ۱/۹۰۲۱ (معادل قطر مستطیل طلایی) به دست می‌آید ترسیم و ابتدا و انتهای آن را با استفاده از نقاله به زوایای ۱۸ درجه تقسیم می‌کنیم. پس از تقسیم‌بندی زوایای دو سر پاره‌خط، خطوط منشعب از مرکز را ادامه می‌دهیم تا یک شبکهٔ شعاعی از برخورد خطوط به دست آیند که این خطوطْ نقاط شاخص برای ترسیم آلات مختلف گره ده هستند. از نقاط به‌دست‌آمده و امتداد قطری آن‌ها، همهٔ آلات گره ده قابل‌ترسیم هستند (ت ۵ و ۶) که در ادامه به شرح مفصل این موضوع پرداخته می‌شود.

در ادامه و برای تسهیل در فهم چگونگی ترسیم آلات گره ده با استفاده از روش جدید پاره‌خط مبنا (یا روش هجده‌ـ هجده)، مراحل و گام‌های مختلف ترسیم هندسی برای هرکدام از این آلات به تفکیک و به صورت گرافیکی در «ت ۷» ارائه شده است.

همان‌طور که در بخش‌های مختلف «ت ۷» مشخص است، همهٔ آلات نمایش داده‌شده، بدون بهره‌گیری از دایرهٔ پایه و





ت ۴ (راست). نسبت طلایی در آلات مختلف گره ده؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.

ت ۵ (چپ). روش رسیدن به الگوی (شابلون) ترسیم آلات به روش پیشنهادیِ پاره‌خط مبنا (هجده‌ـ هجده)؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.

چندضلعی‌های در تماس به مثابهٔ راهنما است که گره از تداخل و برخورد شعاع‌های اخراجی از اضلاع این چندضلعی‌ها حاصل می‌گردد. بدین ترتیب سطح با این روش به یک الگوی هندسی پیچیده تبدیل می‌گردد و در پایان شبکهٔ زیرین چندضلعی‌ها محو می‌گردد. هانکین این روش را در تحقیقات و مجموعه مقالات خود به نام روش «چندضلعی‌های در تماس» معرفی می‌کند.

۱۴. امین‌پور و همکاران، «پیشنهاد مدلی برای ترسیم گره در تزئینات وابسته به معماری اسلامی»، ص ۵۷–۷۷.

۱۵. فاطمه مهدی‌زاده و همکاران، «به‌کارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده‌سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران»، ص ۱۵–۲۶.

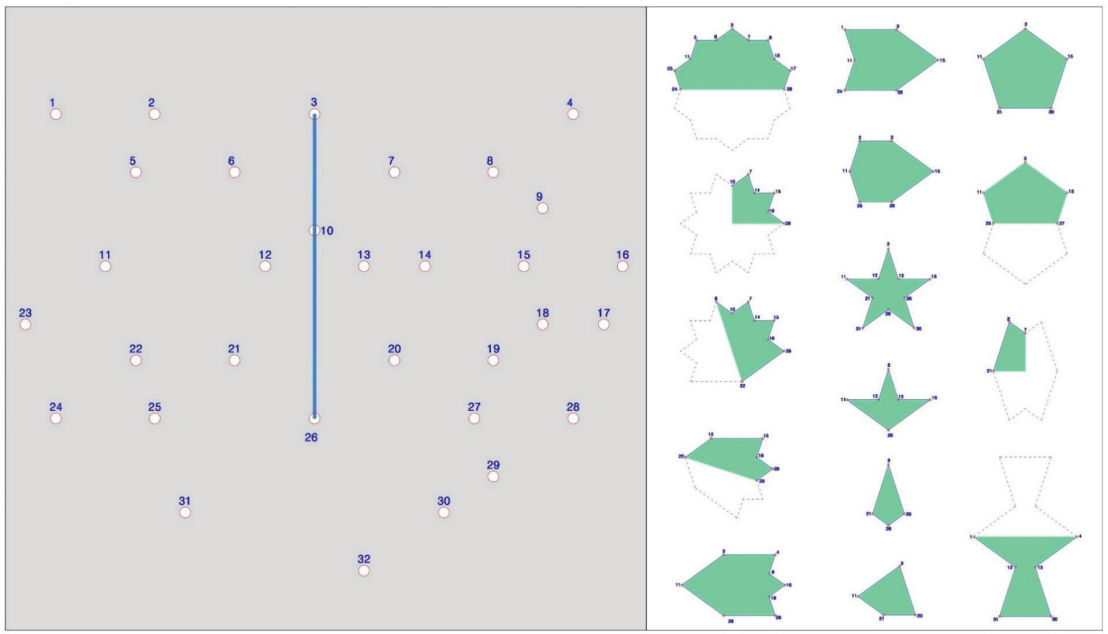
۱۶. نک:
C.S. Kaplan, "Computer Generated Islamic Star Patterns"; J. Bonner, "Three Traditions of Self-Similarity

صرفاً با استفاده از پاره‌خط مبنا و تقسیمات حاصل از آن، ترسیم شده‌اند. درحالی‌که در روش سنتی (دایره‌مبنا) همهٔ آلات گره ده با استفاده از دایرهٔ پایه ترسیم می‌شوند که وجه تمایز اصلی این دو روش در همین مهم، یعنی بهره‌گیری یا عدم بهره‌گیری از دایرهٔ پایه و پرگار برای ترسیم و تقطیع این دایره، است.

۳. نتیجه‌گیری

بخش قابل‌توجهی از مشکلات مربوط به فرایند ترسیم گره در آرایه‌های معماری ایرانی اسلامی مشکلات حاصل از بهره‌گیری از پرگار در ترسیم و پیاده‌سازی آلات گره‌ها است؛ زیرا بهره‌گیری از پرگار، علاوه بر زمان‌بر بودن، ضریب خطا را نیز بالا می‌برد. نگارندگان در این مقاله با تمرکز بر گره ده و به منظور کاهش این نوع مشکلات برای ترسیم گره مذکور، روش جدیدی را با عنوان روش پاره‌خط مبنا عرضه کردند که می‌تواند، با حذف دایرهٔ مبنا در ترسیم آلات مختلف این گره، مشکلات فوق را به حداقل برساند. در «ت ۸ تا ۱۰» می‌توان مقایسهٔ تطبیقی بین روش سنتی (دایره‌مبنا) و روش جدید (پاره‌خط مبنا) را مشاهده کرد و همان‌طور که در این تصاویر مشخص است، در روش جدید، آلات مختلف گره ده را می‌توان بدون نیاز به پرگار و دایرهٔ مبنا ترسیم کرد.

بنابراین با توجه به آنکه در روش جدید (پاره‌خط مبنا) در مقایسه با روش سنتی (دایره‌مبنا)، نیازی به پرگار برای ترسیم و تقطیع هندسیِ دایرهٔ مبنای اولیه نیست، در فرایند ترسیم گره ده به طرز مشهودی تسریع می‌شود. به‌ویژه آنکه در روش پاره‌خط مبنا، به دلیل حذف پرگار و دایرهٔ مبنا از فرایند ترسیم آلات گره، صرفاً با ترسیم یک پاره‌خط با عنوان پاره‌خط مبنا، کلیهٔ نقوش و آلات گره قابلیت ترسیم به صورت هم‌مقیاس را دارند؛ این در حالی است که در روش دایره‌مبنا، با ترسیم یک

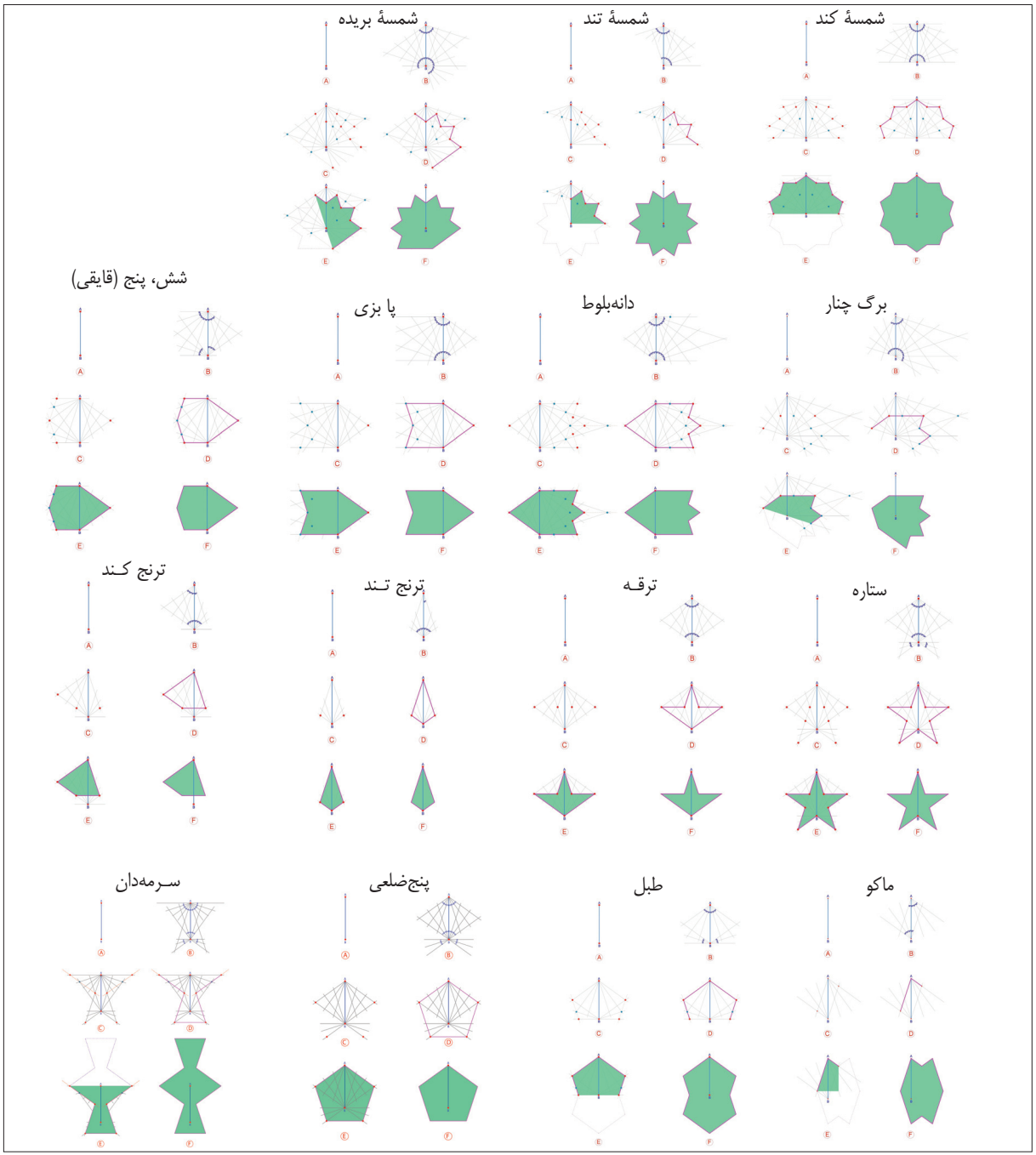


ت ۶ . حصول کلیه آلات گره ده از الگوی (شابلون) پاره‌خط مبنا (کلیه آلات در نیمهٔ راست تصویر صرفاً از اتصال نقاط مشخص‌شده در نیمهٔ چپ تصویر حاصل شده‌اند)؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.

in Fourteenth and Fifteenth Century Islamic Geometric Ornament"; L. Bodner, "A Nine- and Twelve- Pointed Star Polygon Design of the Tashkent Scrolls"; E.H. Hankin, "Some Difficult Saracenic Designs III".

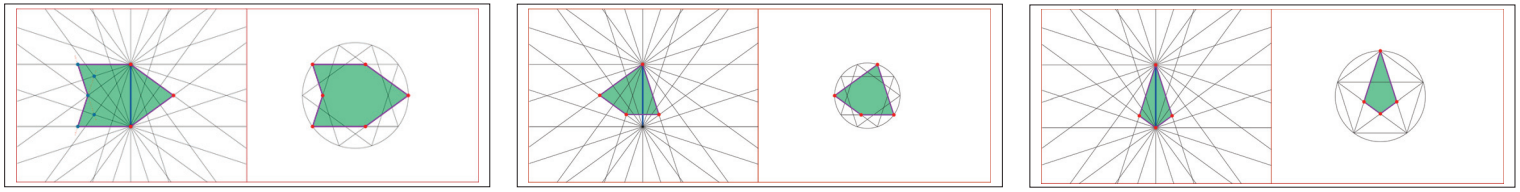
۱۷. زهره بزرگمهری و آناهیتا خدادادی، *آمودهای ایرانی (شناخت آسیب‌شناسی و مرمت)*، ص ۳۵.

۱۸. نگارندگان در پژوهشی دیگری با بهره‌گیری از نسبت طلایی، موفق به ابداع روش جدید دیگری برای ترسیم آلات گره ده تحت عنوان «روش ستاره طلایی» شده‌اند که نتایج حاصل از آن پژوهش در قالب مقاله‌ای مستقل در حال انتشار است.



ت ۷ . فرایند ترسیم آلات مختلف گره ده با استفاده از روش پاره‌خط مبنا (روش هجده‌ـ هجده)؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.

دایره با شعاع ثابت، همهٔ آلات گره با یک نسبت ثابت و با یک مقیاس و نسبت ثابت قابلیت استخراج ندارند و برای این کار نیاز به ترسیم دوایر مختلف با شعاع‌های متفاوت است. به‌علاوه با روش جدید (پاره‌خط مبنا)، به هنگام مرمت آثار تاریخی، امکان ترسیم آلات آسیب‌دیده در محل با ترسیم تنها یک الگو متناسب با نسبت آلت‌های زمینه مورد نظر فراهم می‌شود و نیز به سبب حذف پرگار، که یکی از ابزارهای سنتی رسم آلت است، ضریب خطا را در فرایند پیاده‌سازی نقوش کاهش می‌دهد.



ت ۸ (راست). مقایسهٔ تطبیقی ترسیم ترنج تند به دو روش دایره‌مبنا و پاره‌خط مبنا؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.
ت ۹ (میان). مقایسهٔ تطبیقی ترسیم ترنج کند به دو روش دایره‌مبنا و پاره‌خط مبنا؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.
ت ۱۰ (چپ). مقایسهٔ تطبیقی ترسیم پابزی به دو روش دایره‌مبنا و پاره‌خط مبنا؛ طرح و ترسیم: نگارندگان.

منابع و مآخذ

امین‌پور، احمد و محمدرضا اولیا و رضا ابوئی و بیتا حاجبی. «ارائهٔ دو روش جدید در ترسیم گره و مقایسهٔ آن‌ها»، در *مجلهٔ علمی پژوهشی معماری و شهرسازی ایران*، ش ۱۱ (مرداد ۱۳۹۵)، ص ۶۷-۸۴.

امین‌پور، احمد و محمدرضا اولیا و رضا ابوئی و بیتا حاجبی. «پیشنهاد مدلی برای ترسیم گره در تزئینات وابسته به معماری اسلامی»، در *مجلهٔ علمی پژوهشی نامهٔ هنر*. ش ۱۵ (۱۳۹۴)، ص ۵۷-۷۷.

بزرگمهری، زهره و آناهیتا خدادادی. *آمودهای ایرانی (شناخت آسیب‌شناسی و مرمت)*، تهران: انتشارات سروش دانش، ۱۳۹۰.

رئیس‌زاده، مهناز و حسین مفید. *احیای هنرهای از یاد رفته*، تهران: انتشارات مولی، ۱۳۷۴.

زمرشیدی، حسین. *گره‌چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی*، شیراز: مرکز نشر دانشگاه شیراز، ۱۳۶۵.

سعید، عصام و عایشه پارمان. *نقش‌های هندسی در هنر اسلامی*، ترجمهٔ مسعود رجب‌نیا. تهران: انتشارات سروش، ۱۳۸۹.

شعرباف، اصغر. *گره و کاربندی*، تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی، ۱۳۷۲.

ماهرالنقش، محمود. *کاشی‌کاری ایران*، تهران: انتشارات موزه رضا عباسی، ۱۳۶۱.

مهدی‌زاده سراج، فاطمه و فرهاد فخاری تهرانی و نیما ولی‌بیگ. «به‌کارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده‌سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران»، در *مجلهٔ علمی پژوهشی مرمت و معماری ایران*، ش ۱ (بهار و تابستان ۱۳۹۰)، ص ۱۵-۲۶.

نجیب اغلو، گل‌رو. *هندسه و تزیین در معماری اسلامی (طومار توپکاپی)*، ترجمهٔ مهرداد قیومی بیدهندی، تهران: انتشارات روزنه، ۱۳۷۹.

نوایی، کامبیز و کامبیز حاجی‌قاسمی. *خشت و خیال*، تهران: انتشارات سروش، ۱۳۹۰.

نیستانی، جواد. «سابقهٔ ترسیم نقشه و کاربرد هندسه و حساب در معماری اسلامی (از سده‌های نخستین تا اواسط قرن نهم قمری)»، در *مجلهٔ پیک نور*، ش ۱۲ (۱۳۸۴)، ص ۴۲-۴۹.

Bodner, Lynn. "A Nine- and Twelve- Pointed Star Polygon Design of the Tashkent Scrolls", in *Bridges Conference Proceedings Coimbra*, Portugal: The Bridges Organization, 2011, pp.147-154.

Bonner, Jay. "Three Traditions of Self-Similarity in Fourteenth and Fifteenth Century Islamic Geometric Ornament", in *Bridges Conference Proceedings*, Granada, Spain: The Bridges Organization, 2003, pp. 1-12.

Hankin, Ernest Hanbury. "Some Difficult Saracenic Designs III", in *The Mathematical Gazette*, 20 (241))1936(, pp. 318-319.

Kaplan, Craig S. "Computer Generated Islamic Star Patterns", in *Bridges Conference Proceedings*. Winfield, Kansas, USA: The Bridges Organization, 2000.