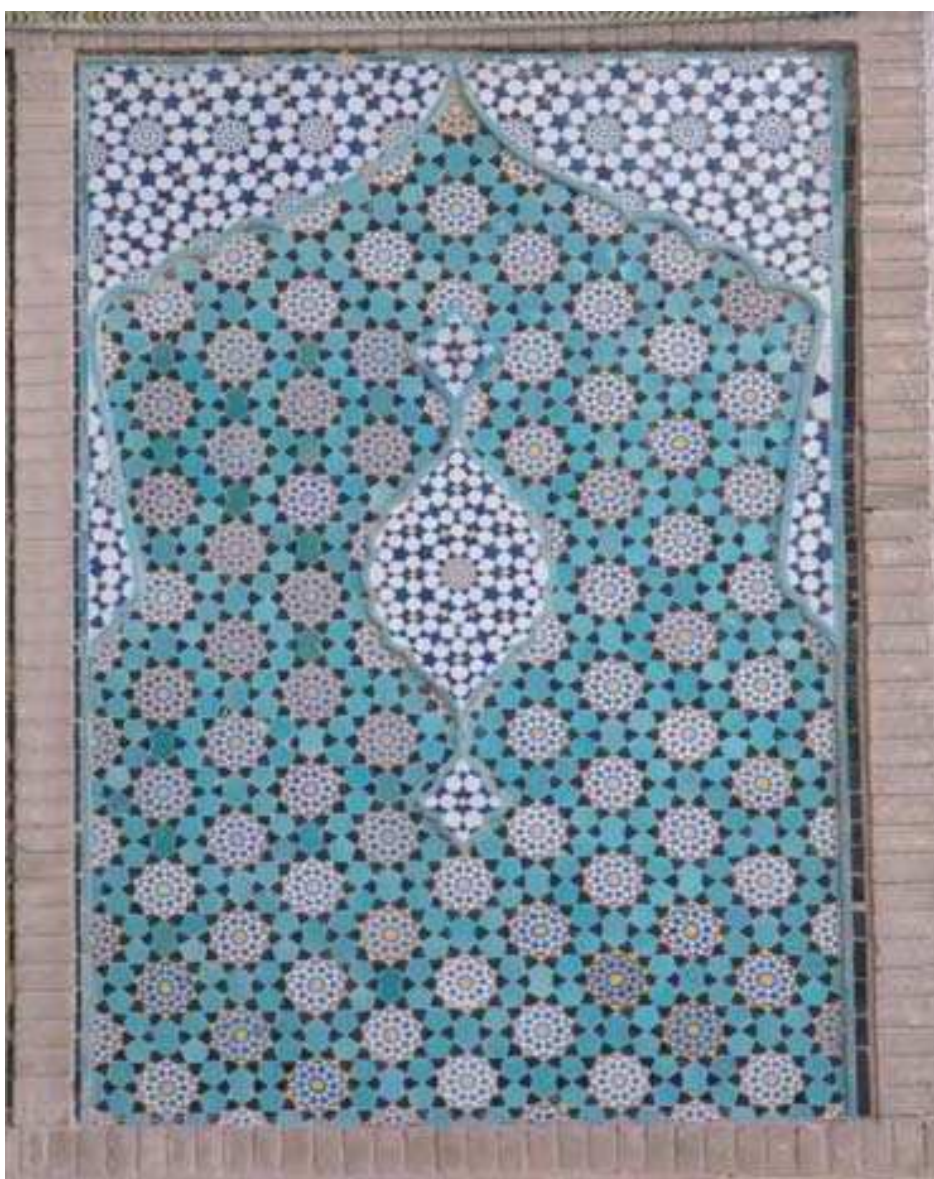


ارائه مدل گام به گام روش ترسیم
گره بر مبنای قاعده خرد کردن
(زایندهگی) ۹۳-۷۷



گره ده «کند دو پنج» و گره ده «تند
دو پنج» مسجد جامع اصفهان، صفة
استاد مأخذ: نگارندگان

ارائه مدل گام به گام روش ترسیم گره بر مبنای قاعده خرد کردن (زاینده گی)

اسدالله شفیع زاده * سعیده سلطان محمدلو **

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۳/۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۹/۲۴

صفحه ۷۷ تا ۹۳

چکیده

در این تحقیق علاوه بر معرفی روش‌های متداول ترسیم گره، رسم گره مطابق با قاعده خرد کردن (زاینده گی) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. زاینده گی در ادبیات سنتی عبارت است از «تند» و «کند» کردن آلت‌های گره زمینه به طور مستمر و پی در پی تا حصول به تمامی (یا حداکثر) آلتی که گره زاینده شده بدان تعریف شده است. اهمیت روش ترسیم گره بر اساس قاعده مذکور از آن رو مورد تأکید است که امروزه، با وجود اسناد مکتوب و آثار بجامانده از سنت معماری اسلامی، علاوه بر مغفول ماندن روش‌های اصیل و سنتی، تلاش‌هایی نیز برای باز تولید روش‌های ابداعی رسم گره از سوی برخی پژوهشگران غربی صورت گرفته است. چنانچه نظر برخی محققین در خصوص ایرانی بودن خاستگاه تولید گره مورد تأیید بوده و همچنین تأکید بر اصول حکمی و عرفانی در مبنای گره‌سازی وجود داشته باشد، مهم‌ترین روش در ترسیم و تولید گره، روش خرد کردن گره (زاینده گی) در سنت معماری ایرانی است. هدف از این پژوهش، ارائه مدل‌های گام به گام روش ترسیم گره مبتنی بر مهم‌ترین قاعده رسم گره (زاینده گی) در سنت معماری ایرانی اسلامی است. سؤالی‌های پژوهش عبارت است از: ۱- قواعد و زبان هندسی زایش در روش خرد کردن گره کدام‌اند؟ ۲- نحوه حصول آلت‌های گره در روش خرد کردن گره و ایجاد آلت‌های گره زاینده شده چگونه انجام می‌شود؟ ۳- مسئله استمرار و پیوستگی گره‌ها در روش خرد کردن چگونه انجام می‌پذیرد؟ روش تحقیق حاضر به روش توصیفی، تحلیلی و تطبیقی و شیوه گردآوری اطلاعات بصورت کتابخانه‌ای است. بر این اساس و در جهت پاسخ به سوالات فوق، ترسیم مرحله به مرحله زایش‌های گره انجام یافته است که در جهت دستیابی به نتایج بهتر یکی کامل‌ترین گره‌های زمینه مستطیل «گره ده» به نام گره کند «سر مه دان چهار شمسه» جهت انجام آزمون انتخاب گردید و زایش‌های گره بصورت جزء به جزء و در پنج مرحله انجام گردید. نتایج حاکی از اثبات و ظهور تمامی آلت‌های گره زمینه در زایش‌های جزء به جزء گره و عدم نداشتن آلت خارج، از آنچه که گره زمینه بدان شناخته شده است، می‌باشد.

واژگان کلیدی

گره‌سازی، زاینده گی، هنرهای سنتی، معماری ایرانی، هندسه اسلامی

* استادیار گروه معماری، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر اهر، استان آذربایجان شرقی (مسئول مکاتبات)

Email:Shafizade.a@gmail.com

** دانشجوی دکتری تخصصی، دانشکده مهندسی معماری و ساختمان، دانشگاه پلی تکنیک میلان، شهر میلان، ایتالیا.

Email:Saeideh.soltanmohammadlou@mail.polimi.it

مقدمه

که در سده‌های اخیر با ورود اصول و معیارهای معماری مدرن و قطع سیر تکاملی اصول هنر و معماری دوران سنتی در سرزمین‌های اسلامی، روش‌های ترسیم گره نیز دچار اختلال و گاه فراموشی گردیده است. عدم آشنائی با اصول و قواعد ترسیم سنتی گره‌ها بالاخص در بین محققان و شرق پژوهان غربی تا حدی است که موجب ارائه الگوهای جدیدی برای ترسیم گره‌ها به روش‌های الگوریتمیک و پارامتریک به منظور بازشناسی منطق ترسیم گره‌های اسلامی گردیده است.^۲ ارائه الگوهای جدید ترسیم گره در سده اخیر، گرچه تلاش هائی برای بازتولید روش ترسیم گره‌های اسلامی است، لکن موجبات عدم پاسخگویی به الگوهای حکمی-عرفانی و معیارهای ترسیم سنتی مبتنی بر آلات گره که از اصول و قواعد اصلی گره‌سازی در ادبیات سنتی است، گردیده است.

روش تحقیق

تحقیق حاضر به روش توصیفی، تحلیلی و تطبیقی انجام یافته است. نحوه انجام آن بدین طریق می‌باشد که در ابتدا با مرور ادبیات کتابخانه‌ای ضمن معرفی روش‌های مرسوم و شناخته شده ترسیم گره، به توصیف خصوصیات روش مورد استفاده در این تحقیق پرداخته و اصول و قواعد ترسیم گره به روش زایش، مورد تحلیل قرار می‌گیرد. انجام تحلیل روش مذکور به روش ترسیم‌های جزء به جزء و گام‌به‌گام انجام یافته است. در ادامه نتایج حاصل از تحلیل‌های فوق با اصول و قواعد زایش گره مورد تطبیق قرار گرفته است. جهت انجام آزمون فرضیه و تحلیل و تطبیق قواعد زایش گره با نتایج حاصله از تحلیل‌های مرحله ای، از گره‌های شمسه دار "زمینه مستطیل" به لحاظ هندسه نقوش کامل و پیچیده نسبت به دیگر زمینه‌ها استفاده شده است. گره مبنای زمینه مستطیل، جهت انجام تحلیل و تطبیق قواعد زایش، "گره ده"^۴ انتخاب گردید که یکی از معروفترین گره‌ها به لحاظ پیچیدگی مطلوب و استفاده زیاد و پرکاربرد آن در هنر و معماری ایرانی است. با توجه به اینکه اولین ظهور گره ده، گره "کند دو پنج" می‌باشد، اما در تحقیق حاضر گره مادر "سرمه دان چهار شمسه" به دلیل کامل بودن آلات گره کند جهت حصول نتیجه مطلوب انتخاب گردید. دلیل انتخاب فوق بر این اساس صورت گرفت که قواعد خرد کردن (زایش) گره بر مبنای آلات‌های کامل گره استوار است. بر این مبنای، جهت ترسیم اولیه گره "کند سرمه دان چهار شمسه" از روش شبکه زیرساخت شعاعی و سپس مراحل بعدی ترسیم گره به طریق قاعده زایش گره بر مبنای گره "کند سرمه دان چهار شمسه" و طی چهار مرحله که هر مرحله دارای مراحل جداگانه است انجام یافته است.

گره‌چینی یکی از اسلوب‌های متعدد طراحی نقوش هندسی است که در آثار هنر و معماری اسلامی بکار رفته است^۱ و یکی از سه نقش کاربردی در حوزه هنر اسلامی بخصوص معماری ایرانی است که در تزئینات و فضا‌سازی بسیاری از آثار هنری اسلامی بخصوص معماری اسلامی کاربرد داشته است. گره‌چینی به آندسته از فضا‌سازی اطلاق می‌شود که با اسلوبی بسیار منظم از نقش‌های هندسی و با مجموعه‌ای خاص از عناصر ریاضی قابل تعریف باشد. در دائرة المعارف هنر، گره نوعی روش سازماندهی نقش‌های هندسی است بطوریکه از نتایج آن، طرحی بافته و موزون حاصل آید. همچنین در تعاریف اساتید حوزه هنرهای سنتی، همچون استاد لرزاده و شعرباف، گره عبارت است از ترکیبی یکپارچه از نقش‌های هندسی متنوع که در یک چهارچوب مشخص بطور هماهنگ، مکمل و با قواعدی با تأکید بر آلات گره قرار گرفته‌اند. فلذا در گره‌سازی، تأکید بر قواعد و اصولی است که در یک زمینه گره وجود داشته و نقش هندسی گره را از سایر نقش‌ها و اسلوب‌های هندسی، متمایز می‌کند. این قواعد ترکیبی از واحدهای هندسی پایه هستند که به آلات‌های گره معروف بوده و مبتنی بر طراحی هندسی خاص آلات‌های گره استوار می‌باشد. بر اساس آموزه‌های استادان ایرانی قواعد و خصوصیات گره‌چینی چنین است: نخست آنکه قابلیت تکرار، حرکت و خلق مداوم در کناره‌های خود را داشته باشد، به نحوی که هرگاه زمینه گره در هر یک از جوانبش تکرار شود، آلات‌های گره متکامل تر می‌گردد. دوم آنکه گره قابلیت زایش داشته باشد، یعنی در درون خود امکان خرد شدن بوسیله گره‌ای ثانوی داشته باشد به نحوی که آلات‌های گره ثانوی بر لبه گره اصلی همدیگر را کامل کند. و نهایتاً اینکه آلت خارج نداشته باشد، بدین منظور که گره در تمام صور و اطوار خویش، صورتی جز آنکه بدان شناخته و تعریف می‌گردد، نپذیرد.

هدف از نوشتار حاضر، ارائه مدل‌های گام‌به‌گام روش ترسیم گره مبتنی بر مهمترین قاعده رسم گره (زاینده‌گی) بر اساس آموزه‌های سنت معماری ایرانی اسلامی است. بر این اساس در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا ضمن معرفی و رسم گره به طریق آلات‌های آن، نحوه زایش‌های مستمر و مداوم گره‌ها از درون گره‌های زمینه نشان داده شود. سوالات پژوهش عبارتند از: ۱- قواعد^۲ و خصوصیات و زبان هندسی زایش در روش خرد کردن گره کدامند؟ ۲- نحوه حصول آلات‌های گره در روش خرد کردن گره و ایجاد آلات‌های گره زاینده‌شده چگونه انجام می‌شود؟ ۳- مسئله استمرار و پیوستگی گره‌ها در روش خرد کردن چگونه انجام می‌پذیرد؟ اهمیت و ضرورت تحقیق حاضر بدان جهت می‌باشد

۱. به خاطر همین قواعد و زبان خاص ریاضی و هندسی است که طیف وسیعی از طرح‌های مشابه هندسی به‌مثابه آنچه که بعنوان گره‌چینی در هنر و معماری اطلاق می‌شود به‌شمار نیاید (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹، ۱۳۰).

۲. این نحوه ارائه و ترسیم گره، که متأسفانه در تحقیقات معاصر بخصوص محققان خارجی مغفول واقع گردیده است، یکی از مهمترین روشهای ترسیم و گسترش گره است و بر اساس دیدگاه بسیاری از محققین سنت گرای معاصر، خاستگاه و منشاء ظهور گره تأکید بر اصل فوق به عنوان وجه بصری مبنای حکمی فلسفی حاکم بر قرون چهارم و پنجم هجری قمری بوده است. فلذا از آن به‌عنوان مهمترین و اصلی‌ترین رکن گره‌سازی یا به عبارتی بهتر مهم‌ترین قاعده گره اطلاق می‌کنند، بدین معنا که چنانچه نقشی هندسی فاقد اصل فوق باشد معنای گره اطلاق نخواهد شد. همچنین اصل زایش گره امروزه مبنای تاویل و تطبیق نقش هندسی گره با مبنای حکمی عرفانی همچون «وحدت وجود»، «قاعده تجدد امثال»، «حرکت جوهری» و ... بوده که بر مبنای شناخت کامل از اصل خرد شدن گره و اصل زاینده‌گی استوار است. فلذا بدون شناخت ساز و کار و رموز اصل زاینده‌گی تحلیل، تطبیق و تاویل حکمی عرفانی از گره و شناخت سایر قابلیت‌های آن امکان پذیر نخواهد بود.

۳. منطق اصلی در الگوهای گره سازی محققان غربی، بر خلاف الگوی گره‌سازی سنتی، عدم توجه به زمینه و گره‌سازی در فضای بیکران است (کسرائی، ۱۳۹۲، ۳۶).

۴. غیر از گره ده، گره‌های تک زمینه‌ای دیگر همچون گره ۸ و گره ۱۲ نیز می‌توان رسم کرد.

۵. گره ده به گره‌ای گفته می‌شود که دارای شمسه ده پر بوده و ده تریج گرداگرد شمسه را فرا گرفته باشد (عنبری یزدی، ۱۳۹۴، ۶۲، ۶۳؛ رئیس زاده، ۱۳۹۳، ۱۴۴).

پیشینه تحقیق

از مهمترین کتب دست اول تاریخی در خصوص گره‌سازی، می‌توان به رساله‌های هندسی عملی همچون رساله‌ای منظم به ترجمه کتاب ابوالوفاء بوزجانی مربوط به قرن چهارم هجری تحت عنوان "فی تداخل الاشکال المشابهة و المترادفة" نام برد (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹: ۱۸۲؛ صاحب محمدیان ۱۳۹۱: ۷۱) که قدیمی‌ترین متن کاربردی موجود در خصوص روش ترسیم گره‌های دوبعدی است (جدی، ۱۳۸۳: ۹۱) و روش ترسیم و ارائه گره در آن با استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی انجام یافته است. اسناد تاریخی دیگری که عمدتاً مربوط به طومارهای باقیمانده از قرون هشتم تا دهم هجری همچون طومار تاشکند مربوط به قرن ۱۰ هجری و طومار توپقایی قرن هشتم هجری است، مبنای ترسیمات گره بیشتر در راستای کتاب فی تداخل الاشکال منسب به بوزجانی و استفاده از شبکه‌های زیرساختی انجام یافته است. در سده اخیر مجموعه‌ای ارزشمند از نحوه طراحی و اجرای گره‌های هندسی بر مبنای آموزه‌های معماران سنتی که میراث دار آموزش هاس سینه به سینه هستند، در اختیار محققان قرار گرفته که از مهمترین آنها می‌توان به آموزه‌های استاد لرزاده (رئیس زاده و مفید، ۱۳۹۳) و دست نگاره‌هایی از استاد اصغر شعرباف (شعرباف، ۱۳۸۵) و همچنین استاد محمود ماهر النقش (ماهر النقش، ۱۳۶۳) نام برد که منجر به ارائه الگوی گره‌های مختلف و طراحی گره‌ها بر مبنای مدل‌های اصیل ایرانی و سنتی شده است. در کتاب احیاء سنت‌های از دست رفته استاد لرزاده، در بخش گره‌چینی ضمن معرفی اصل زایش گره بعنوان مبنای گره‌سازی، قاعده خرد کردن (زایندگی) گره به همراه اصول و قواعد آن معرفی گردیده لکن، از ارائه الگوهای عملی و ترسیمات جزء به جزء زایش گره‌ها از گره‌های زمینه جهت ارائه الگوی عملی قاعده مذکور اطلاعاتی ارائه نشده است (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۵۸-۱۵۵). در کتاب "گره و کاربندی" آقای اصغر شعرباف، ضمن معرفی الگوهای سنتی روش ترسیم گره‌ها، علاوه بر معرفی روش ترسیم بر اساس زمینه و خط رمز با استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی، به معرفی روش خرد کردن (زایش) گره نیز پرداخته و چند نمونه از گره ترسیم شده مطابق با قاعده زایش ارائه گردیده است. اما اطلاعات مرحله‌ای و گام‌به‌گام روش خرد کردن گره بر مبنای آلات گره زمینه معرفی نگردیده است (شعرباف، ۱۳۸۵: ۴۴-۱۳؛ همچنین رجوع شود: پورنادری، ۱۳۷۹، ۸۶-۸۳). همچنین در کتاب گره‌چینی آقای حسین زمرشیدی نیز بر شبکه زیرساخت شعاعی جهت رسم گره تأکید شده است.

مطالعه بر روی گره و شناخت ساز و کار و رموز آن
www.SID.ir

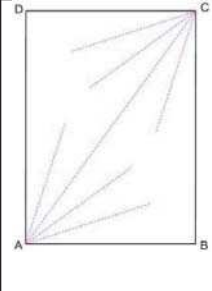
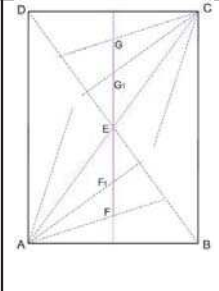
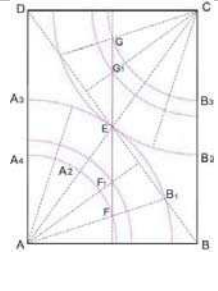
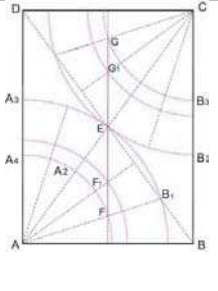
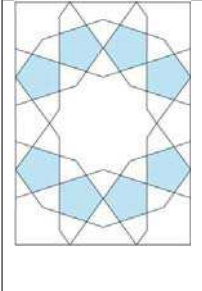
مبنای مطالعات محققین خارجی همچون گرانباوم^۱ او شپرد^۲ (۱۹۹۲) بوده است که در آن بر پایه ویژگی‌های مشترک در الگوی گره‌ها به دسته بندی و ارائه الگوی زیربنائی هر کدام از ترسیمات گره پرداخته شده است. در تلاشی دیگر، عباس‌آو سلمان^۴ (۱۹۹۲) مطابق با رویکرد گرانباوم و شپرد، به کشف و گسترش دامنه الگوی گره‌های هندسی پرداختند. در یکی از مهمترین تحقیقات، هانکین^۵ در "ترسیم الگوهای هندسی در هنر اسلامی" (۱۹۲۵)، مثال‌هایی از "روش‌های ترسیم الگوهای هندسی اسلامی" (۱۹۳۴) و "بعضی طرح‌های پیچیده اسلامی" (۱۹۳۶) ارائه می‌دهد که مبنای بسیاری از تحقیقات دیگر قرار می‌گیرد، در ادامه مطالعات هانکین و بر اساس یافته‌های وی، محققینی همچون جی بونر^۶ در "الگوهای هندسی اسلامی" (۲۰۱۲) و "سه اصل خود متشابهی در تزئینات هندسی اسلامی قرون ۱۴ و ۱۵" (۲۰۰۳)، لین بودنر^۷ در روش ابداعی خود بر مبنای تحلیل روش‌های هانکین (۲۰۱۱) و بورژوان (۲۰۱۰)، مدل هائی بر اساس چندضلعی^۸ و جبهی محاط در دایره ارائه می‌دهد. اما مهمترین تحقیقات در این زمینه پژوهش‌های آقای گریک کاپلان^۸ در رساله دکتری خود در خصوص گره‌چینی و تزئینات اسلامی است که با استفاده نرم افزارهای کامپیوتری همچون تاپریتس^۹ به ارائه الگوهای جدید ترسیم گره پرداخته است. همچنین سایر مطالعات وی به همراه سالسین^{۱۰} در «الگوهای ستاره‌ای اسلامی در هندسه زمینه» (۲۰۰۴ و ۲۰۰۵) به همراه چندین تحقیق دیگر مبنای مطالعات بسیاری از پژوهشگران معاصر بوده است. این تحقیقات، منجر به بازشناسی منطق ترسیمات گره و ابداع روش‌های الگوریتمیک و پارامتریک جهت آنالیز و ترسیمات گره گردیده و بر روش ترسیم گره با استفاده از شبکه زیرساخت چندضلعی‌های در تماس (شبکه‌های زیرساخت چندضلعی) تأکید دارد. روش‌های مذکور، بر اساس ویژگی‌های الگوهای سنتی ترسیم گره و تولید آلات آن نمی باشد.

انواع روش‌های سنتی ترسیم گره

با توجه به قابلیت‌های نهفته و پیچیدگی‌هایی که در گره‌ها وجود دارد، روش‌های متعددی برای ترسیم گره‌ها وجود دارد. یکی از شناخته شده‌ترین و غالب‌ترین روش ترسیمات گره که هم در اسناد و مدارک تاریخی و هم روش‌های معرفی شده امروزی و ابداعی توسط محققین معاصر وجود دارد، استفاده از شبکه‌های زیرساختی است که در ترسیم گره استفاده می‌گردد (در این خصوص رجوع شود به رئیس زاده، ۱۳۹۳؛ شعر باف، ۱۳۸۵). از مهمترین شبکه‌های زیرساختی که در ترسیمات گره از عمومیت بیشتری برخوردار است، دو

1. Branko Grunbaum
2. G.C. Shepard
3. Syed Jan Abas
4. Amer Shaker Salman
5. E. Hanbury Hankin
6. Jay Bonner
7. B. Lynn Bodner
8. Craig S. Kaplan
9. Taprats
10. Craig S. Kaplan and David H. Salesin

جدول ۱. نحوه ترسیم گره کند دو پنج به روش استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی (منبع تصاویر: عنبری یزدی، ۶۲: ۱۳۹۴-۶۴).
مأخذ: نگارندگان.

مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم (واگیره)	مرحله پنجم (زمینه)
				
عرض زمینه مستطیل را به اندازه دلخواه در نظر می‌گیریم، سپس از دو سر آن دو خط عمود اخراج می‌کنیم. زوایای A و C را به پنج قسمت مساوی تقسیم نموده و خطوط قاعده را رسم می‌نمائیم.	نقطه E را بدست می‌آوریم و عمودی خارج می‌کنیم تا نقاط F و G و همچنین دیگر نقاط طبق شکل بدست آید. خط GF به‌عنوان خط رمز گره بدست می‌آید.	به مرکز A و شعاع AF کمان می‌زنیم. این کمان خط سوم قاعده و خط AD را به ترتیب در نقاط A _۲ و A _۴ قطع می‌کند. به همین ترتیب سایر کمان‌ها نیز زده می‌شود تا نقاط B _۱ و A _۳ نیز بدست آید. همین اعمال بر روی زاویه C نیز انجام می‌گیرد.	نقاط A _۱ به F، A _۲ به A _۳ را در امتداد هم متصل می‌کنیم. همچنین نقطه A _۴ به B _۳ وصل می‌کنیم. A _۲ را به B _۱ وصل می‌کنیم که از نقطه F گذشته و B _۴ بدست آید سپس نقطه A _۱ را به B _۲ وصل می‌کنیم. همین اعمال بر روی زاویه C نیز انجام می‌گیرد.	پس از انجام مراحل اول تا چهارم، خطوط اصلی واگیره گره «کند» دو پنج بدست می‌آید. با رسم سه چهارم دیگر به روش انتقال تقارنی، یک زمینه کامل گره بدست می‌آید و پس از گسترش می‌توان گره را در سطح وسیع مورد استفاده قرار داد.

شبکه زیرساختی شعاعی و شبکه زیرساخت چندضلعی است.

۱-۱- شبکه زیرساخت شعاعی

استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی در ترسیم گره، علاوه بر اعتبار تاریخی در روش‌های ارائه شده جهت ترسیم گره توسط معماران سنتی معاصر نیز از اصالت و جامعیت بیشتری برخوردار است. مبنای ترسیم گره در این روش، بر مبنای شعاع‌های خارج شده از نقاط مشخصی از زمینه و خطی راهنما به‌عنوان خط رمز استوار است. به عبارت بهتر، در روش زیرساخت شعاعی، ترسیم گره با استفاده از دوائر متحد‌المركزی صورت می‌گیرد که در واگیره گره (ربع زمینه کامل گره واگیره می‌گویند) رسم می‌شود. در این روش رسم، شروع رسم از زوایای قائمه‌ای صورت می‌گیرد که مراکز شمس‌ها است و پس از کامل کردن واگیره با رسم سه چهارم دیگر به روش انتقال تقارنی، یک زمینه کامل گره بدست می‌آید (جدول ۱).

۱-۱- روش زیرساخت چندضلعی

در این روش، گره مورد نظر بر روی شبکه‌ای از چندضلعی‌های منتظم با روشهایی که بخصوص محققین غربی ابداعاتی نیز بر روی آن داشته اند انجام می‌پذیرد.

گرچه استفاده از شبکه زیرساخت چندضلعی جنبه تاریخی داشته و در نقشه‌های طومار توفیقای علاوه بر ترسیم گره به روش شبکه زیرساخت شعاعی، از شبکه‌های زیرساخت چندضلعی نیز استفاده گردیده است (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹) لکن اولین تلاش برای ارائه روش استفاده از شبکه زیرساخت چندضلعی مربوط به هانکین است که ضمن معرفی استفاده تاریخی از روش فوق‌ترسیمات گره مربوط به دو حمام در مجموعه کاخ متعلق به قرن دهم در فاتح پور سیکری (رجوع شود، (Hankin, 1925a)، مدل ترسیم گره‌های شمسه دار را با استفاده از شبکه زیرساخت چندضلعی ارائه کرده است (Kaplan, 2002). در ادامه محققینی دیگری هر کدام با رویکردی خاص به تحلیل و بررسی و ارائه روش‌های ترسیم الگوهای هندسی گره‌ها با استفاده از شبکه زیرساخت چندضلعی پرداخته که از مهمترین این تلاش‌ها، می‌توان به پژوهش‌های کاپلان برای عمومی سازی روش هانکین در ترسیم گره، روش خرد کردن چند مرحله‌ای گره توسط بونر و همچنین روش ابداعی بودن برای ترسیم تعداد محدودی از گره‌ها اشاره کرد (Bodner, 2010؛ جدول ۲).

۲- ترسیم گره به طریق قاعده زاینده‌گی

مبنای اصلی تحقیق حاضر ارائه روش ترسیم گره بر

جدول ۲. الگوی شبکه زیرساخت چندضلعی، روش‌های ابداعی توسط شرق پژوهان غربی جهت تولید و ترسیم گره‌های دوبعدی، مأخذ: نگارندگان

<p>مدل هانکین بر مبنای زاویه برخورد: زاویه لبه‌های برآمده با لبه چندضلعی‌ها، زاویه برخورد نام دارد. حاصل خطوطی به شکل X در میانه اضلاع چندضلعی با زاویه معین نسبت به اضلاع آن بدست می‌آید (منبع تصویر: همان).</p>	<p>آرایشی X شکل از خطوطی که بواسطه روش هانکین ایجاد می‌شود (منبع تصویر: همان).</p>	<p>چنانچه شکل زمینه حذف شود، گره نهایی بر مبنای الگوی هانکین ایجاد می‌شود. (منبع تصویر: Kaplan, 2005: 178).</p>	
<p>چندضلعی‌های در تماس با هم</p>	<p>$\theta=22.5$</p>	<p>$\theta=45$</p>	<p>$\theta=67.5$</p>
<p>گسترش الگوی هانکین توسط کاپلان: کاپلان در پژوهشی به توسعه و صورت‌بندی روش دیگری برای استخراج هندسه‌ی گره‌های اسلامی، می‌پردازد که برپایه روش شبکه زیرساخت چندضلعی، بر اساس آن چه پیشتر بورگون (Bourgoin, 1973)، گرانباوم، شپرد و هانکین در آثارشان ارائه کرده‌اند، بناشده است (Kaplan, 2005). در این روش ابتدا برای تقسیم سطح، یکی از شبکه‌های چندضلعی‌های در تماس انتخاب می‌شود و سپس از نقطه میانی هر کدام از اضلاع چندضلعی‌های منتظم و غیرمنتظم، دو شعاع با زاویه θ زاویه تماس نسبت به ضلع مفروض اخراج می‌شود. شعاع‌های خارج‌شده از اضلاع مجاور تا برخورد با یکدیگر امتداد می‌یابند. به این ترتیب با حذف شبکه زیرین، الگوی هندسی پیچیده‌ای حاصل می‌شود که با تغییر در مقدار زاویه‌ی θ گستره متنوعی از الگوهای هندسی را تولید می‌نماید. در گام بعد با خارج شدن دو شعاع استخراج شده با فاصله دلخواه از یکدیگر به جای نقطه میانی، الگوهای هندسی با آزادی بیشتر می‌تواند الگوی گره‌های اسلامی پیچیده اما مستقل از هندسه بستر طرح را ایجاد نماید (منبع تصاویر فوق: Kaplan, 2005: 179).</p>			
		<p>روش ترسیم الگوئی از گره‌های اسلامی توسط کاپلان با استفاده از نرم افزار گرافیکی کریگ. اس. کاپلان الگوهای تزیینات اسلامی را با استفاده از نرم‌افزارهای گرافیکی ترسیم کرده است. تصویر روبرو، نحوه ترسیم الگوئی از گره‌های اسلامی است که در یک n-ضلعی با تقارن دورانی نشان داده شده است. وی در بررسی‌های خود، تقارن، دوران و تکرار این الگوها را در تزیینات اسلامی بررسی کرده است (بلیان، ۱۳۹۰: ۸۹). (منبع تصویر: Kaplan 2002: ۶۰-۶۱).</p>	
		<p>نمونه‌ای از روش ترسیم گره توسط بودنر، بر مبنای اتصال شمشه‌های مستقل بودنر ابتدا روشی برای ترسیم شمشه n پر بر اساس چندضلعی n وجهی محاط در دایره ارائه می‌دهد و سپس به پرکردن یک سطح به وسیله‌ی چیدمان‌های مختلف از دوایر در کنار یکدیگر با فواصل متفاوت می‌پردازد. به این ترتیب قرارگیری شمشه‌ها در کنار یکدیگر و در نتیجه پرکردن فضاهای ما بین دوایر به وسیله امتداد خطوط شمشه، الگوی گره نهایی را ایجاد می‌کند (منبع تصویر: Bodner, 2010: ۱۳۷).</p>	

جدول ۳. آلت‌های گره «کند» و «تند» و «شل». مأخذ: نگارندگان.

آلت پنج کند	آلت پنج تند	آلت پنج شل
		
گره کند دارای آلتی به شکل پنج ضلعی منتظم است (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۴۱).	چنانچه از راس هر پنج ضلعی به رئوس مقابل وصل کرده، ستاره‌ای پنج پر حاصل می‌شود که آلت «گره تند» نام دارد (همان: ۱۴۱).	در گره شل از راس هر پنج ضلعی با زاویه ۱۸ درجه نسبت به ضلع پنج ضلعی رسم می‌کنیم. ستاره‌ای پنج پر باز تر از تند بدست می‌آید که آلت «گره شل» نام دارد (همان: ۱۴۱).

جدول ۴. آلت‌های گره کند، مأخذ: نگارندگان.

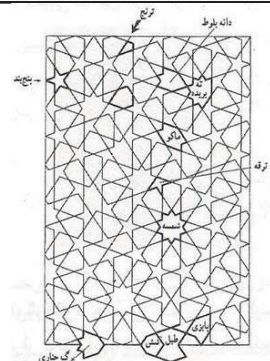
گره کند سرمه دان (منبع تصویر گره، عنبری یزدی، ۱۳۹۴، ۵۴) و آلت‌های گره کند				
	شمسه ده کند		طبل کند	
	پنج کند		ترنجی کند	
	سرمه دان			

مبنای قاعده زاینده‌گی و زایش گره از گره زمینه می‌باشد. این روش که از مهمترین خصوصیات ترسیم و تولید گره در هنر سنتی است، قاعده و مبنای آن بدین بدین ترتیب است که اگر در یک زمینه، یکی از گره‌های «کند» به‌طریق استفاده از یکی از شبکه‌های زیرساخت شعاعی یا چندضلعی ترسیم شود و سپس آلت گره ترسیم شده آنقدر «تند» و سپس «کند» و دوباره «تند» شود که به یک زمینه گره با تمام آلت‌های آن رسیده شود، «گره در گره» (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۵۵) یا همان روش زایش گره اتفاق افتاده است. در این روش از درون هر گره می‌توان گره دیگری رسم و استخراج نمود (همان: ۱۵۵). فلذاصل اساسی در گره‌سازی به روش زاینده‌گی، مبتنی بر اصول و قواعدی است که بازیگر اصلی آن را آلت‌های گره تشکیل می‌دهد که به سه دسته آلت «کند»، «تند» و «شل» تقسیم می‌شود (جدول ۳). مجموعه آلت «کند» در گره کند عبارت است از «شمسه»، «ترنج»، «پنج»، «طبل» و «سرمه دان» (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۴۲) (جدول ۴). همچنین مجموعه آلت «تند» در گره تند عبارت است از «شمسه»، «ترقه»، «پابزی»، «پنج تند»، «ترنج تند»، «شش بند»، «شش منتظم»، «دانه بلوط»، «پا بزی»، «ماکو»، «شش طبل»، «برگ چنار»، «طبل تند» و «شمسه ته بریده» (همان: ۱۴۲) (جدول ۵). بر همین اساس فراخور آنچه که گره از یکی از مجموعه‌های آلت «کند»، «تند» و یا «شل» استفاده کند، به گره کند، گره تند و گره شل تقسیم می‌شود. بر این اساس، نحوه شکل‌گیری گره بنائی به طریق زایش بدین طریق است که بر اساس تغییر و تبدیل و

مبنای قاعده زاینده‌گی و زایش گره از گره زمینه می‌باشد. این روش که از مهمترین خصوصیات ترسیم و تولید گره در هنر سنتی است، قاعده و مبنای آن بدین بدین ترتیب است که اگر در یک زمینه، یکی از گره‌های «کند» به‌طریق استفاده از یکی از شبکه‌های زیرساخت شعاعی یا چندضلعی ترسیم شود و سپس آلت گره ترسیم شده آنقدر «تند» و سپس «کند» و دوباره «تند» شود که به یک زمینه گره با تمام آلت‌های آن رسیده شود، «گره در گره» (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۵۵) یا همان روش زایش گره اتفاق افتاده است. در این روش از درون هر گره می‌توان گره دیگری رسم و استخراج نمود (همان: ۱۵۵). فلذاصل اساسی در گره‌سازی به روش زاینده‌گی، مبتنی بر اصول و قواعدی است که بازیگر اصلی آن را آلت‌های

جدول ۵. آلت‌های گره تند، مأخذ: نگارندگان.

گره تند ده (منبع تصویر گره: رئیس زاده، ۱۳۹۳، ۱۴۳) و آلت‌های گره تند							
	پنج تند		ترنجی تند		ترقه		دانه بلوط
	شمسه		پا بزی		شش منتظم		ماکو
	برگ چنار		طبل تند		شمسه ته بریده		چهار لنگه
	شش بند		شش طبل				



جدول ۶. مراحل خرد کردن گره زمینه «سرمه دان چهار شمشه»، مأخذ: نگارندگان.

مراحل تولید گره	نوع گره	نام گره تولید شده	روش رسم گره	آلات گره	تصاویر گره
مرحله اول، رسم گره به روش شبکه زری ساخت	کند	سرمه دان چهار شمشه	شبکه زیرساخت شعاعی	کند	جدول ۷ و ۸
مرحله دوم، تند کردن گره کند مرحله اول	تند	طبل پا بزی	قاعده خرد کردن (زاینده‌گی)	تند	جدول ۹
مرحله سوم، کند کردن گره تند مرحله دوم	کند	سرمه دان قناس بزرگ	قاعده خرد کردن (زاینده‌گی)	کند	جدول ۱۰
مرحله چهارم، تند کردن گره کند مرحله سوم	تند	تند ده پابزی	قاعده خرد کردن (زاینده‌گی)	تند	جدول ۱۱
مرحله پنجم، کند کردن گره تند مرحله چهارم	کند	کند سرمه دان	قاعده خرد کردن (زاینده‌گی)	کند	جدول ۱۲

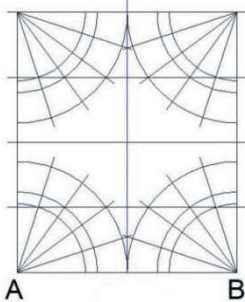
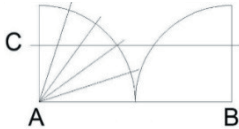


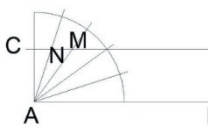
شناخته شده است نباشد، نقش هندسی بوجود آمده معنای گره را نخواهد داشت. فلذا اصل مهم در خرد کردن و زایش گره تأکید بر این قاعده اساسی است که در طراحی گره‌ها بر مبنای زایش گره، آلت‌ها منحصر به آلات گره "کند"، "تند" و ..باشند(رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۴۱).

مواد و روش‌ها

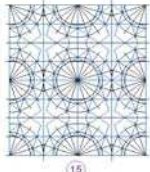
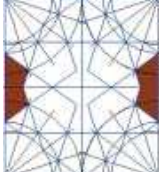
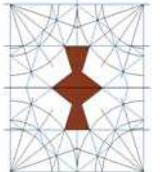
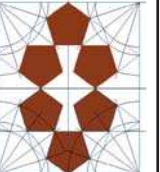
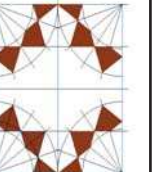
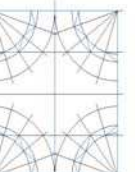
گره‌های بدست‌آمده از روش خرد کردن اصطلاحاً در گره‌سازی عمل زایش اطلاق می‌شود. بدین ترتیب که

تحوّل سه نوع آلت "کند" و "تند" و "شل" که طی مراحل و با تمهیداتی به یکدیگر مبدّل و تحوّل می‌یابند، گره شکل می‌گیرد. فلذا بر اساس ظهورات گره بر مبنای آلات گره "کند" یا "تند" و دیگر آلات همچون آلت "شل"، "گره‌های کند"، "گره‌های تند" و دیگر گره‌ها بدست می‌آید. به عبارت دیگر، گره‌های کند به آن دسته از گره‌ها اطلاق می‌شود که شامل تمامی آلات گره کند باشد و همچنین گره‌های تند به آن دسته از گره‌ها اطلاق می‌شود که شامل تمامی آلات گره تند گردد و چنانچه هر یک از گره‌های کند یا تند شامل یک یا چند آلت خارج یعنی آلتی که گره بدان

جدول ۷. مراحل رسم زمینه گره سرمه دان چهار شمسه به روش شبکه زیرساخت شعاعی، مأخذ: نگارندگان.

زمینه گره	واحد گره	
	مرحله ۲	مرحله ۱
		
	مرحله ۴	مرحله ۳
		
<p>اگر به اندازه ی سه برابر خطوطی رسم شود طول زمینه ی گره بدست می آید.</p>	<p>از مرکز A به نقاط تقسیم بندی کمان هایی رسم می شود. از محل تلاقی کمان و شعاع دوم خطی به موازات AB رسم میشود تا خطی فرضی C حاصل شود. از محل اتصال خط C با شعاع های خارج شده از A دو نقطه M و N حاصل می شود. به مرکز A و به شعاع های AM و AN کمان هایی رسم می شود.</p>	

جدول ۸. نحوه بدست آمدن آلت های کامل گره کند در گره «سرمه دان چهار شمسه»، مأخذ: نگارندگان.

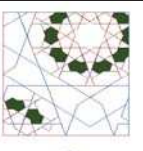
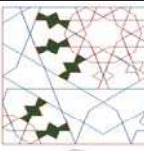
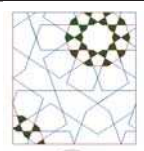
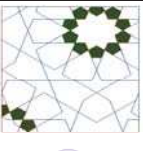
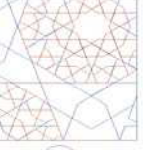
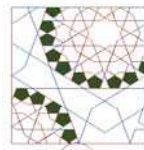
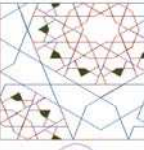
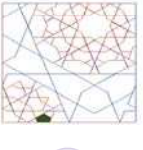
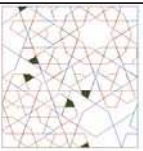
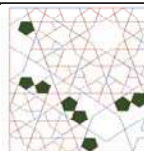

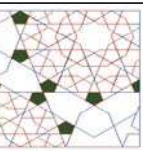
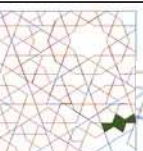

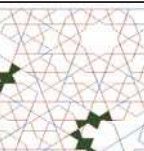
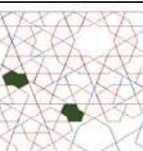
گره کند «سرمه دان چهار شمسه»	آلت «طبل»	آلت «سرمه دان»	آلت «پنج»	آلت «ترنج»	آلت «شمسه»
					
<p>با اتمام یک ربع گره و با استفاده از قرینه کردن میتوان سه ربع دیگر را ترسیم نمود تا یک گره کامل حاصل شود.</p>	<p>از امتداد خطوط پنج کند و قطع امتداد هم شمسه های کند و طبل های کند بدست می آید.</p>	<p>مراحل یک و دو و سه در هر سه گوشه ی باقیمانده تکرار میشود تا در قسمت وسط سرمه دان بدست بیاید.</p>	<p>از امتداد ترنج های کند، پنج های کند حاصل می شود.</p>	<p>از امتداد خطوط شمسه کند، ترنج های کند بدست می آیند.</p>	<p>از محل اتصال کمان های بزرگ و کوچک شمسه کند حاصل می شود.</p>

جدول ۹. مرحله دوم، زایش اول، تند کردن گره کند سرمه دان چهار شمسه و بدست آمدن گره تند «طبل پابزی» حصول تمامی آلت‌های گره تند که شرط لازم در زایش گره است در جدول ذیل دیده می‌شود. خطوط قرمز، گره زمینه «سرمه دان چهار شمسه» بوده و خطوط آبی زایش ایجاد شده طی عمل «تند» کردن آلت «کند» گره زمینه ایجاد می‌شود، مأخذ: نگارندگان.

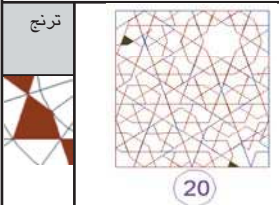
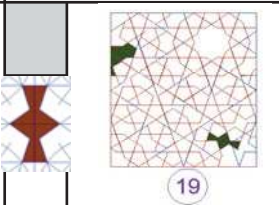
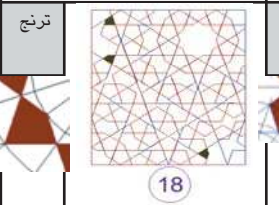
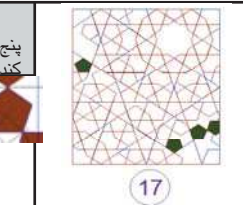
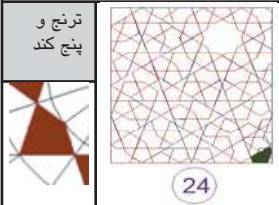
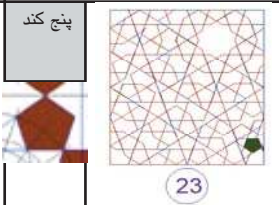
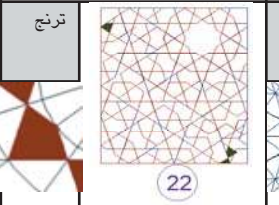
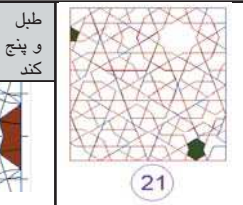
گام ۴		گام ۳		گام ۲		گام ۱	
آلت «ترنج»		تکمیل «ترقه»		آلت «شش بند»		آلت ترقه	
اضلاع هردو شش بند به سمت مرکز با هم قطع داده شوند تا ترنج‌های تند و در نتیجه یک ربع شمسه تند بوجود آید.		در رسم شش بند سوم چون امتداد ضلع ترقه موجود نیست، از قرینه ی نیمه ی شش بند ظاهر شده استفاده می‌شود تا یک شش‌بند کامل بدست آید. پس از رسم شش بند با امتداد دادن اضلاع آن تا قطع کادر، یک نیمه ترقه بوجود آید.		از امتداد اضلاع ترقه به سمت شمسه اصلی، شش بندهای گره «تند» بدست می‌آیند.		با «تند» کردن «گره کند» سمه دان چهار شمسه» از درون پنج‌های کند پشت ترنج اصلی، ترقه‌ها رسم می‌شوند.	
گام ۸		گام ۷		گام ۶		گام ۵	
پا بزی		شش طبل		آلت ترقه		پا بزی	
بر روی ضلع شش طبل کامل ایجاد شده در مرحله ی ۷ میتوان یک پابزی بدست آورد.		بر روی ضلع زیرین پابزی‌های تند خطوط شش طبل ظاهر میشود، از امتداد اضلاع پابزی یک نیمه شش طبل ظاهر میگردد که با قرینه کردن یکی از آن‌ها یک شش طبل کامل و یک نیمه شش طبل کامل بر روی کار ظاهر می‌شود.		بر روی اضلاع پابزی و در محل اتصال دو پابزی میتوان ترقه‌هایی از امتداد خطوط بدست آورد.		بر روی اضلاع ترقه‌ها یک نیمه پابزی تند ایجاد شده است. با ایجاد یک محور تقارن بر روی نوک آن میتوان به دو پابزی کامل رسید.	
گام ۱۲		گام ۱۱		گام ۱۰		گام ۹	
آلت ترنج تند		آلت شش بند		آلت شش بند		آلت طبل	
از امتداد شش‌بندهای مرحله ۱۱، ترنج‌های تند جدیدترسیم می‌گردند.		با استفاده از خطوط شش‌بند ظاهر شده در مرحله ی ده و رسم خطوط راهنما بعنوان خط قرینه، بقیه شش بندها حاصل می‌شوند.		از امتداد ترقه‌های مرحله ی شش، میتوان شش بندهای جدیدترسیم کرد.		از امتداد اضلاع شش طبل کامل مرحله ی ۷ و ترقه ی بدست آمده در مراحل یک و شش دو نیمه طبل تند بدست می‌آید.	
گام ۱۶		گام ۱۵		گام ۱۴		گام ۱۳	
گره کامل تند «طبل و پابزی»		---		ربع گره		ترنج تند	
		با رسم ربع‌های بعدی میتوان یک سرمه دان خرد شده ی کامل حاصل کرد.		با رسم محور قرینه در داخل شمسه تند، این نکته بدست می‌آید که بعد از این مرحله، واحد گره تکرار میشود.		با رسم خط قرینه میتوان ترنج‌ها را رسم کرد.	

اگر در یک زمینه گره کند رسم شود^۱ و سپس آلت‌های گره کند رسم شده آنقدر تند و سپس کند و دوباره تند شود که به یک زمینه گره با تمام آلت‌های آن برسد، عمل زاینده‌گی اتفاق افتاده و در اصطلاح گره در گره اطلاق می‌شود (رئیس زاده، ۱۳۹۳: ۱۵۵). عملیات زایش گره و «تند» کردن و «کند» کردن آلت‌های آن دارای

جدول ۱۰. مرحله سوم، زایش دوم، کند کردن گره تند «طبل پایزی» بدست آمده از مرحله اول و بدست آمدن گره کند «سرکه دان قناس بزرگ» را نشان می‌دهد. حصول تمامی آلت‌های گره «کند» شامل آلت‌های «شمسه»، «پنج کند»، «ترنج»، «طبل» و «سرکه دان کند» در گره کند «سرکه دان قناس بزرگ» که شرط لازم در زایش گره کند است، در جدول ذیل دیده می‌شود. رنگ آبی گره تند «طبل پایزی» است که بعنوان گره زمینه بوده و رنگ قرمز ماحصل «کند» کردن آلت «تند» گره زمینه ایجاد گردیده است، مأخذ: نگارندگان.

گام ۴	گام ۳	گام ۲	گام ۱
طبل کند 		ترنج 	پنج کند 
در بین سرکه دان‌های مرحله ی چهارم، طبل‌های کند ترسیم می‌گردند.	بر روی اضلاع پنج‌های کند، امتداد اضلاع سرکه دان ظاهر میشود، با امتداد دادن این خطوط، سرکه دان‌های کامل ترسیم می‌گردند.	از دو سمت با امتداد دادن اضلاع پنج‌های کند، ترنج‌های کند بدست می‌آیند.	داخل ترنج‌های تند پشت شمشه تبدیل به پنج کند می‌شود.
گام ۸	گام ۷	گام ۶	گام ۵
ربع سرکه دان 	پنج کند 	ترنج 	
بر روی محور عمودی یک ربع سرکه دان حاصل می‌شود.	از امتداد و قطع اضلاع ترنج‌های کند مرحله قبل و طبل‌های مرحله چهارم، پنج‌های کند جدید بدست می‌آیند.	از امتداد دادن اضلاع طبل و قطع دادنشان، ترنج‌های کند حاصل می‌شود.	
گام ۱۲	گام ۱۱	گام ۱۰	
ترنج 	پنج کند 		پنج کند 
از محل تقاطع پنج‌های کند، ترنج‌های کند بدست می‌آیند.	بر روی اضلاع سرکه دان مایل و از قطع پنج‌های کند مرحله نهم، باز هم پنج‌های کند جدید ترسیم می‌شوند.	از امتداد پنج‌های کند مرحله ی نهم و سرکه دان‌های مرحله سوم، سرکه دان‌هایی بصورت مایل ترسیم می‌شوند.	در کناره‌های کادر ربع گره از امتداد اضلاع سرکه دان، نیمه طبل‌هایی بدست می‌آید.
گام ۱۶	گام ۱۵	گام ۱۴	گام ۹
سرکه دان 	پنج کند 		
یک سرکه دان مایل از امتداد پنج‌های کند حاصل می‌شود.	بر روی اضلاع سرکه دان‌های مرحله قبل محددا پنج‌های کند جدید ظاهر می‌گردند.	از امتداد اضلاع طبل‌های کند و پنج‌های کند مرحله ی نهم مجددا سرکه دان‌های جدیدی ترسیم می‌شوند.	بر روی اضلاع ترنج‌های کند مرحله ۱۲، طبل‌های کند ترسیم می‌شوند.

۱. ترسیم گره کند به یکی از دو روش استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی یا شبکه زیرساخت چند ضلعی رسم می‌شود.

گام ۲۰	گام ۱۹	گام ۱۸	گام ۱۷
			
از امتداد اضلاع طیمرحله ۱۹ و نیمه طبل مرحله چهارم ترنجی‌های کند بدست می‌آیند.	در میان پنج‌های کند مرحله ۱۷ و ترنجی‌های کند مرحله ۱۸ سرمه دان‌هایی ترسیم می‌شوند و یک طبل حاصل می‌گردد.	از امتداد پنج‌های کند مرحله ۱۷ مجدداً ترنجی‌های کند حاصل می‌شوند.	از امتداد اضلاع سرمه دان مجدداً پنج‌های کند جدید بدست می‌آیند.
گام ۲۴	گام ۲۳	گام ۲۲	گام ۲۱
			
از امتداد پنج‌های کند و طبل مرحله قبل به یک ترنج کند و پنج کند می‌توان رسید.	از تقاطع اضلاع سرمه دان و ترنج‌های کند، اضلاع پنج کند بدست می‌آیند.	از امتداد اضلاع طبل و پنج‌های کند ترنج‌ها ترسیم می‌شوند.	از امتداد اضلاع ترنجی مرحله ی بیستم یک طبل جدید و یک پنج کند حاصل می‌شود.

«تند» کردن گره و دو مرحله عملیات «کند» کردن انجام گردید. (طبق نظر لرزاده زایش می‌تواند تا هفتاد دو مرتبه انجام پذیرد). باتوجه به اینکه جهت انجام ترسیمات گره به روش خرد کردن بایستی گره زمینه وجود داشته باشد، بر این اساس در مرحله اول تولید و ترسیم گره، گره زمینه «کند سرمه دان چهار شمس» با استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی ترسیم گردید.

یافته‌های تحقیق

مراحل انجام کار در پنج مرحله به شرح ذیل انجام می‌پذیرد (جدول ۶).

مرحله اول: تولید گره کند «سرمه دان چهار شمس» با استفاده از شبکه زیرساخت شعاعی (جدول ۷ و ۸).

مرحله دوم: در مرحله دوم ترسیم گره است که با توجه به آنکه گره زمینه «کند سرمه دان چهار شمس» در مرحله اول تولید شد، با استفاده از روش زایش گره به طریق «تند» کردن آلات «کند» گره کند سرمه دان چهار شمس» گره تند «طبل و پابزی» طی مراحل که در تصاویر جدول ۱۵ بصورت جزء به جزء و در ۱۶ گام انجام گردیده، ایجاد می‌شود. نتایج حاصل از زایش گره

فرضیات و قواعدی است. اول آنکه در نقش هندسی گره، آلت خارج از آنچه گره بدان شناخته شده است، وجود نداشته باشد، یعنی در طراحی و ترسیم گره، آلت‌ها منحصر به آلت‌های گره زمینه باشد. دوم در صورت تکرار واحدهای گره در کنار هم، آلت‌های گره یکدیگر را کامل کرده و باعث ایجاد زمینه بزرگ تر و الگوهایی وسیع تر می‌شود.

در جهت آزمون فرضیات و قواعد فوق، یکی از مهمترین و پرکاربردترین گره‌های زمینه مستطیل بنام «گره ده سرمه دان چهار شمس» انتخاب گردید. «گره ده» در اولین مرتبه از تجلی و ظهور خود گره کند «کند دو پنج» نام داشته و قالب و پیکره اش با چهار آلت «شمسه» و «ترنج» و «پنج» و «طبل» سامان می‌یابد، لکن آلت پنجمین گره کند ده که آلت «سرمه دان» است در ظهورات دیگر همین گره با قالب کند، یعنی «سرمه دان چهار شمس» ظاهر می‌گردد (جدول ۸). بر همین اساس گره کند سرمه دان چهار شمس به دلیل دارا بودن تمامی آلات گره «کند» به عنوان مبنای مطالعه تحقیق حاضر انتخاب گردید. تعداد مراحل زایش نیز جهت حصول به نتایج مطلوب، تعداد چهار مرحله شامل دو مرحله عملیات

جدول ۱۱. مرحله چهارم، زایش سوم، تند کردن گره کند «سرمه دان قناس بزرگ» بدست آمده از مرحله دوم و بدست آمدن گره تند «ده پا بزی» حصول تمامی آلت‌های گره «تند» شامل آلت‌های «شمسه»، «پنج تند»، «ترنجی تند»، «طبل تند» و «سرمه دان تند»، «ترقه»، «پا بزی»، «شش بند» و «شش طبل» که شرط لازم در زایش گره «تند» است، در جدول ذیل دیده می‌شود. گره زمینه به رنگ قرمز و گره زاییده شده به رنگ سبز می‌باشد، مأخذ: نگارندگان.

گام ۴	گام ۳	گام ۲	گام ۱
 <p>طبل تند</p>	 <p>شش طبل کامل</p>	 <p>پا بزی</p>	 <p>ترقه</p>
از امتداد اضلاع شش طبل کامل یک نیمه طبل تند بدست می‌آید.	از امتداد اضلاع پابزی و ترسیم قرینه هایشان یک شش طبل کامل و نیمه شش طبل بدست می‌آید.	در پشت ترقه ها، پابزی‌های تند ترسیم می‌گردند.	در داخل پنج‌های کند به سمت ربع شمسه ی اصلی کند، ترقه‌هایی رسم میشود.
گام ۸	گام ۷	گام ۶	گام ۵
 <p>شش بند</p>	 <p>ترقه</p>	 <p>ترقه</p>	 <p>شش بند</p>
از امتداد ترقه‌های مراحل شش و هفت مجدداً ششبندهای جدید حاصل می‌شوند.	بر روی ضلع پابزی مرحله دوم و شش طبل کامل مرحله سوم هم ترقه‌ای حاصل می‌شود.	از میان اضلاع پابزی، ترقه‌ای ترسیم می‌گردد.	از امتداد اضلاع ترقه ی مرحله ی یک به سمت مرکز، ششبندهایی حاصل می‌شود.
گام ۱۲	گام ۱۱	گام ۱۰	گام ۹
 <p>شش طبل</p>	 <p>نیمه طبل</p>	 <p>نیمه شش بند</p>	 <p>پا بزی و ترقه</p>
از امتداد اضلاع پابزی و ترقه میتوان به یک شش طبل جدید رسید.	در میان نیمه شش طبل مرحله ی سوم و ترقه ی مرحله نهم یک نیمه طبل تند ترسیم می‌گردد.	از امتداد ترقه ی مرحله نهم، یک نیمه شش بند حاصل می‌شود.	از امتداد ترقه ی مرحله هشت و شش طبل کامل یک پابزی حاصل میشود. بر روی ضلع این پابزی و پابزی مرحله دوم مجدداً ترقه‌هایی ترسیم می‌شوند.
گام ۱۶	گام ۱۵	گام ۱۴	گام ۱۳
 <p>شمسه تند</p>	 <p>پابزی و ترقه</p>	 <p>شش بند</p>	 <p>ترقه</p>
با استفاده از ششبندهای رسم شده مرحله ی قبلی و قرینه کردنشان یک زمینه شمسه تند ترسیم می‌گردد. در پشت شش بندهای جدید ترقه‌هایی رسم می‌شود.	در میان ترقه‌های مرحله ۱۳ یک پابزی حاصل میشود. از امتداد اضلاع این پابزی دو ترقه ی جدید ترسیم می‌گردد.	از امتداد اضلاع ترقه‌های مرحله ی قبلی، شش بندهایی بدست می‌آید.	بر روی اضلاع پابزی، ترقه‌های جدید ترسیم می‌شوند.

گام ۲۰	گام ۱۹	گام ۱۸	گام ۱۷
---	طبل تند	پا بزی	ترقه
			
20	19	18	17
با رسم امتداد شش‌بندها و ترقه‌های روی اضلاع آن و پابزی‌های روی اضلاع ترقه، روند ترسیم نشان میدهد که شکل بصورت متقارن در سمت راست ربع گره و قسمت‌های بالایی آن تکرار خواهد شد.	با رسم یک محور تقارن، یک طبل تند، شش طبل، ترقه و شش‌بند ترسیم می‌شوند.	از امتداد ترقه‌های مراحل هفده و شانزده، پابزی‌هایی بدست می‌آید.	قرینه ی ترقه‌های سمت چپ رسم می‌شود.
گام ۲۴	گام ۲۳	گام ۲۲	گام ۲۱
ترقه	طبل تند	شش بند	---
			
24	23	22	21
در قسمت وسط از تقاطع اضلاع پابزی، طبل شش‌ها و ترقه‌ها میتوان ترقه ی جدیدی ترسیم کرد.	از تقاطع دو طبل شش، طبل‌های تند ترسیم می‌گردند.	نیمه شمس‌های دوطرف با امتداد ترقه‌ها و تکمیل شش‌بندها کامل می‌گردند.	با در نظر گرفتن دو محور تقارن عمود برهم که از وسط طبل‌های تند عمودی و افقی می‌گذرند شکل‌های مراحل یک تا بیست تکرار می‌شوند.
گام ۲۸	گام ۲۷	گام ۲۶	گام ۲۵
گره	گره	ترنج تند	شش بند
			
28	27	26	25
گره کامل تند «ده پابزی»	با قرینه کردن ربع گره خورد شده میتوان به یک گره کامل دست یافت.	از امتداد اضلاع شش بند، ترنج‌های تند ترسیم و در نتیجه شمسه ی تند در مرکز بدست می‌آید.	از امتداد ترقه ی مرحله ی قبلی، شش بندهای جدیدی بدست می‌آیند.

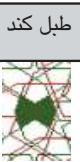
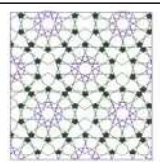
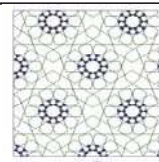
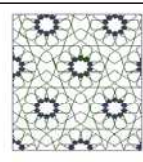

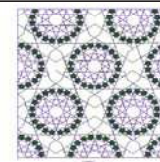
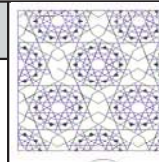
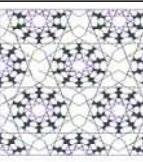
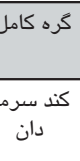
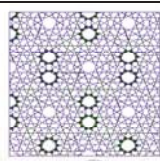
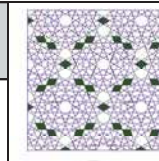
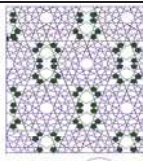
تند" گره زمینه بوده که طی ۲۴ گام و به صورت جزء به جزء بوده و در نتیجه تمامی آلت‌های مربوط به گره "کند" ایجاد گردیده است. نتیجه آزمون حاکی از اثبات فرضیه عدم داشتن آلت خارج در زایش گره می‌باشد (جدول ۱۰).

مرحله چهارم: در مرحله چهارم و در زایش سوم، بر اساس "تند" کردن آلت‌های "کند" گره کند "سرمه دان قناس بزرگ" بعنوان گره زمینه انجام گرفته و گره گره

تند "طبل پا بزی" حاکی از ظهور آلات گره تند بوده و بر همین اساس، فرضیه عدم داشتن آلت خارج در زایش گره، از آنچه گره زمینه بدان شناخته شده است مورد آزمون و اثبات قرار گرفت (جدول ۹).

مرحله سوم: در این مرحله گره تند "طبل پا بزی" بعنوان گره زمینه جهت انجام زایش و تولید گره کند "سرمه دان قناس بزرگ" ایفای نقش می‌کند. مبنای تولید گره هدف، استفاده از قاعده زاینده‌گی، یعنی "کند" کردن آلت‌های

جدول ۱۲. مرحله پنجم، زایش چهارم. «کند» کردن آلت‌های «تند» گره تند «ده پا بزی» و بدست آمدن گره «کند سرمه دان» حصول تمامی آلت‌های گره «کند» شامل آلت‌های «شمسه»، «پنج کند»، «ترنج»، «طبل» و «سرمه دان کند» در گره «کند سرمه دان» دیده می‌شود. رنگ سبز گره تند زمینه «ده پابزی» و رنگ قرمز نتیجه «کند» کردن آلت‌های «تند» گره زمینه می‌باشد. رنگ سبز گره زمینه بوده و رنگ قرمز گره در حال زایش است، مأخذ: نگارندگان.

گام ۴		گام ۳		گام ۲		گام ۱	
طبل کند		پنج کند		ترنج		پنج کند	
بر روی اضلاع ترنجی‌های کند مرحله دوم میتوان طبل‌های کند ترسیم کرد. با توجه به اینکه اضلاع ترنج و طبل‌ها برابرند و شکل طبل متقارن است.		در داخل تمامی ترقه‌ها، پنج‌های کند ترسیم می‌شوند.		از دو طرف پنج‌های کند امتداد می‌یابند تا تبدیل به ترنج کند گردند.		از درون ترنج‌های تند پشت شمشه، پنج‌های کند ترسیم می‌شوند.	
گام ۸		گام ۷		گام ۶		گام ۵	
سرمه دان		ترنج کند		ترنج		سرمه دان	
بر روی اضلاع پنج‌های کند مرحله ی هفتم، نیمه سرمه دان‌های مایلی دیده میشود که با قرینه کردن اضلاع آن میتوان سرمه دان‌های مایل کامل داشت.		از امتداد اضلاع ترنج مرحله ی قبل و سرمه دان‌های بدست آمده در مرحله پنجم، پنج‌های کند جدید ترسیم می‌شوند.		از تقاطع اضلاع طبل مرحله ی چهارم، ترنج‌های کند جدید به دست می‌آید.		در بین طبل‌های ترسیم شده، اضلاع نیمه سرمه دان ظاهر میشود که با ترسیم یک خط تقارن فرضی، سرمه دان‌های کامل ظاهر می‌گردند.	
گام ۱۲		گام ۱۱		گام ۱۰		گام ۹	
گره کامل		شمسه کند		طبل و ترنج		پنج کند	
با تکمیل خرد شدن ربع گره و ترسیم ربع‌های دیگر با قرینه کردن، یک گره کامل به دست می‌آید.		از امتداد اضلاع پنج‌های کند در محل قرارگیری شش طبل تند، ترنج‌های کند و در نتیجه زمینه یک شمشه کند ایجاد می‌شود.		از امتداد پنج‌های کند همزمان ترنج‌های کند و طبل کند به دست می‌آید.		از امتداد اضلاع سرمه دان‌های مایل مرحله ی قبل، پنج‌های کند جدید به دست می‌آید.	

تمامی آلت‌های گره «کند» شامل آلت‌های «شمسه»، «پنج کند»، «ترنج»، «طبل» و «سرمه دان کند» در گره کند «کند سرمه دان» دیده می‌شود. مراحل کار در ۱۲ گام انجام یافته و نتایج مجدداً از عدم داشتن آلت خارج و حفظ قواعد مربوط به زایش گره می‌باشد (جدول ۱۲).

تند «ده پابزی» حاصل می‌شود. مراحل انجام کار در ۲۷ گام صورت گرفته و نتایج آزمون نشان از عدم داشتن آلت خارج در زایش گره می‌باشد (جدول ۱۱).
مرحله پنجم: شامل «کند» کردن آلت‌های «تند» گره تند «ده پا بزی» و بدست آمدن گره کند «کند سرمه دان». حصول

جدول ۱۳. قواعد و الگوی شکل گیری آلت‌های گره خرد شده و بدست آمدن آلت‌های جدید، مأخذ: نگارندگان.

مساوی بودن اضلاع بزرگ پابزی با اضلاع بزرگ ترقه، اضلاع بزرگ شش‌بند، اضلاع بزرگ ترنج تند، اضلاع طبل تند، ضلع بزرگ شش طبل. ۲- برابر بودن ضلع کوچک پابزی با ضلع کوچک شش طبل و همچنین برابر بودن اضلاع کوچک ترقه با اضلاع کوچک شش‌بند.	زایش گره «تند» طبل پا بزی از «گره کند سرمه دان چهار شمشه»	مرحله اول خرد کردن
۱- مساوی بودن اضلاع بزرگ ترنج با اضلاع پنج کند، اضلاع بزرگ طبل و اضلاع سرمه دان. ۲- برابر بودن اضلاع کوچک طبل با اضلاع کوچک ترنج.	زایش گره کند «سرمه دان قناس بزرگ»	مرحله دوم خرد کردن
۱- برابر بودن اضلاع بزرگ پابزی با اضلاع بزرگ ترقه و اضلاع بزرگ شش‌بند اضلاع بزرگ ترنج تند = اضلاع طبل تند = ضلع بزرگ شش طبل. ۲- ضلع کوچک پابزی = ضلع کوچک شش. ۳- اضلاع کوچک ترقه = اضلاع کوچک شش‌بند.	زایش گره تند «ده» پا بزی از گره «سرمه دان قناس بزرگ»	مرحله سوم خرد کردن
۱- مساوی بودن اضلاع بزرگ ترنج با اضلاع پنج کند، اضلاع بزرگ طبل و اضلاع سرمه دان. ۲- برابر بودن اضلاع کوچک طبل با اضلاع کوچک ترنج.	زایش گره «کند» سرمه دان از گره تند «ده پابزی»	مرحله چهارم خرد کردن

جدول ۱۴. جدول آزمون فرضیه، نداشتن آلت خارج (آلت‌های کند) در زایش گره‌های کند، مأخذ: نگارندگان.

آلات گره کند					گره‌های «کند»
سرمه دان	طبل	ترنج	پنج کند	شمسه	
×	×	×	×	×	مرحله اول (سرمه دان چهار شمشه)
×	×	×	×	×	مرحله سوم (سرمه دان قناس بزرگ)
×	×	×	×	×	مرحله پنجم (کند سرمه دان)

جدول ۱۵. جدول آزمون فرضیه، نداشتن آلت خارج (آلت‌های تند) در زایش گره‌های تند، مأخذ: نگارندگان.

آلات گره تند												گره‌های «تند»	
ماکو	شمسه ته بریده	شش بند	دانه بلوط	شش طبل	ترقه	پا بزی	برگ چنار	طبل	چهار لنگه	ترنج	پنج تند		شمسه
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	مرحله دوم (طبل پابزی)
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	مرحله چهارم (ده پا بزی)

نتیجه

در این پژوهش، ضمن معرفی روش‌های مرسوم تولید و ترسیم گره، خصوصیات و مختصات رسم گره بر مبنای قاعده زاینده‌گی مورد تأکید قرار گرفت. به غیر از ابداعاتی که در سده اخیر در خصوص روش‌های تولید گره بالاخص از سوی محققان غربی ارائه گردیده است، بر اساس اسناد تاریخی و آموزه‌های هنرمندان و صنعتگران سنتی، دو روش عمده جهت گره‌سازی معرفی گردیده است. روش اول استفاده از شبکه‌های زیرساخت و روش دوم استفاده از عمل خرد کردن و زاینده‌گی. در روش استفاده از شبکه‌های زیرساخت، رسم گره با استفاده از خطوط راهنما و خطوط رمز انجام پذیرفته و در عمل زاینده‌گی، رسم و تولید گره مبتنی بر آلت‌های گره بوده و بر اساس عمل تند کردن و کند کردن آلت‌های گره زمینه انجام می‌گیرد. گره‌سازی به طریق زاینده‌گی که امروزه از سوی محققین مغفول واقع گردیده است ضمن تأکید بر اهمیت استمرار و توالی پی در پی تولید گره نسبت به گره‌های زمینه (سایر روش‌های تولید و رسم گره فاقد این خصوصیت بسیار مهم می‌باشند)، دارای فرضیات و قواعدی است که در پژوهش حاضر با معرفی آنها مورد آزمون و اثبات قرار گرفت. در جهت آزمون فرضیات پنج مرحله ترسیم گام‌به‌گام و جزء به جزء انجام گرفت که در چهار مرحله از آن، عمل تولید گره بطریق خرد کردن و زایش بوده و در طی تمامی مراحل، فرضیات قاعده زاینده‌گی شامل نداشتن آلت خارج و تکامل آلت‌های گره در صورت تکرار واحدهای گره مورد اثبات قرار گرفت. همچنین ارتباط مستمر و رعایت کردن ارتباط پیوسته و مداوم گره‌ها نسبت به گره ماقبل و ما بعد خود و اطمینان از اینکه تمامی نقش‌های هندسی حاصل شده از قواعد گره تبعیت کرده و پرهیز از اشکال هندسی که معنای گره در آن مستتر نیست از دیگر مزایای ترسیم و گسترش گره به روش خرد کردن و تأکید بر اصل زاینده‌گی است.

منابع و مأخذ

- رئیس‌زاده، مهناز، حسین مفید، ۱۳۹۳، احیای هنرهای از یاد رفته (مبانی سنتی معماری ایرانی)، تهران: انتشارات مولی.
- بلیان، لیدا، ۱۳۹۰، بررسی ویژگی‌های هندسی گره‌ها در تزئین‌های اسلامی از دیدگاه هندسه فرکتال، فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی، شماره ششم، زمستان، ص ۸۳-۹۵.
- بوزجانی، ابوالوفاء، ۱۳۸۹، هندسه ایرانی؛ کاربرد هندسه در عمل، چاپ چهارم، ترجمه علی رضا جذبی، تهران: انتشارات سروش.
- پور نادری، حسین، ۱۳۷۹، شعریاف و آثارش، جلد دوم: گره و کاربندی، تهران: سازمان میراث فرهنگی، نجیب اوغلو، گل رو، ۱۳۷۹، هندسه و تزئین در معماری اسلامی، ترجمه مهرداد قیومی بیدهدی، تهران: انتشارات روزنه.
- صاحب محمدیان، منصور، سینا فرامرزی، ۱۳۹۱، «مقایسه نظم شبه تناوبی شاه گره با ساختار شبه بلوری سیلیکون»، نشریه هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی، شماره ۵۰، تابستان، ص ۶۹-۸۰.
- عنبری یزدی، فائزه، ۱۳۹۴، هندسه نقوش ۱، چاپ پنجم، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی شعریاف، اصغر ۱۳۸۵، گره و کاربندی، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور انتشارات سبحان نور.
- ماهرالنقش، محمود ۱۳۶۳، طرح و اجرای نقوش در کاشی کاری، تهران: موزه رضا عباسی

Abas, Syed Jan, and Amer Shaker Salman, 1992, «Geometric and group theoretic methods for computer graphics studies of Islamic symmetric patterns», Computer Graphics Forum, no. 11: 43-53.

- Bodner, B. Lynn, 2011, «A Nine- and Twelve-Pointed Star Polygon Design of the Tashkent Scrolls», Bridges conference proceeding, Coimbra, Portugal: The Bridges Organization, 147-154.
- Bodner, B. Lynn, 2010, «Bourgoin's 14-Pointed Star Polygon Designs», Bridges conference proceedings, Pécs, Hungary: The Bridges Organization, 135-142.
- Bonner, Jay, 2003, «Three Traditions of Self-Similarity in Fourteenth and Fifteenth Century Islamic Geometric Ornamen», Bridges conference proceedings, Granada, Spain: The Bridges Organization.
- Bonner, Jay, 2012, «Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Metods of Derivation», Springer, Velarge.
- Bourgoin, J, 1973, Arabic Geometrical Pattern and Design. Dover Publications.
- Grunbaum, Branko , and G. C. Shephard, 1992, «Interlace patterns in islamic and moorish art», Leonardo: 331-339
- Hankin, E. Hanbury, 1925, «Examples of methods of drawing geometrical arabesque pattern» The Mathematical Gazette: 371-373
- Hankin, E. Hanbury, 1934, «Some difficult Saracenic designs II» The Mathematical Gazette: 165-168
- Hankin, E. Hanbury, 1936, «Some difficult Saracenic designs III» The Mathematical Gazette: 318-319
- Hankin, E. Hanbury, 1925, The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art, Vol. 15 of Memoirs of the Archaeological Society of India. Government of India.
- Kaplan, Craig S., 2000, «Computer Generated Islamic Star Patterns», Bridges conference proceedings. Winfield, Kansas, USA: The Bridges Organization:105-112
- Kaplan, Craig S, 2005, «Islamic Star Patterns from Polygons in Contact», Proceedings of the Graphics Interface Conference, Victoria, British Columbia, Canada: Canadian Human-Computer Communications Society, 177-185.
- Kaplan, Craig S., David H. Salsin, 2004, «Islamic Star Patterns in Absolute Geometric», Transactions on Graphics (TOG),no.23, Issue, 2 : 97-119.
- Lee, A.J. 1987, «Islamic star patterns», Muqarnas, 197-182



Leonardo: 331-339

Hankin, E. Hanbury, 1925, «Examples of methods of drawing geometrical arabesque pattern»
The Mathematical Gazette: 371-373

Hankin, E. Hanbury, 1934, «Some difficult Saracenic designs II» The Mathematical Gazette:
165-168

Hankin, E. Hanbury, 1936, «Some difficult Saracenic designs III» The Mathematical Gazette:
318-319

Hankin, E. Hanbury, 1925, The Drawing of Geometric Patterns in Saracenic Art, Vol. 15 of
Memoirs of the Archaeological Society of India. Government of India.

Kaplan, Craig S., 2000, «Computer Generated Islamic Star Patterns», Bridges conference
proceedings. Winfield, Kansas, USA: The Bridges Organization:105-112

Kaplan, Craig S., 2005, «Islamic Star Patterns from Polygons in Contact», Proceedings of the
Graphics Interface Conference, Victoria, British Columbia, Canada: Canadian Human-Computer
Communications Society, 177-185.

Kaplan, Craig S., David H. Salsin, 2004, «Islamic Star Patterns in Absolute Geometric»,
Transactions on Graphics (TOG),no.23, Issue, 2 : 97-119.

Lee, A.J. 1987, «Islamic star patterns», Muqarnas, 197-182.

MahrAlnaghsh, Mahmood 1363, Designing and Performing Motifs in Tiling, Tehran: Reza
Abbasi Museum.

Najib Oglu, Gol Roo, 2000, Geometry and Decoration in Islamic Architecture, Translated by
Mehrdad Qayyum Bidandi, Tehran: Roozane Publications.

Rais Zadeh, Mahnaz, Hossein Mofid, 2014, the Revival of the Lost Arts (Traditional Foundations
of Iranian Architecture), Tehran: Moly Publications.

Pour Naderi, Hossein, 2000, Poetry and His Works, Volume Two: Node and Karbandi, Tehran:
Shazman Cultural Heritage.

Saheb Mohammadian, Mansour, SinaFaramarzi, 2012, «Comparison of King Node>s Periodic
Order with Silicon-like Crystalline Structure», Journal of Fine Arts - Visual Arts, No. 50,
Summer, pp69-80.

Shaarbaf, Asghar 2006, Node and Karbandi, Tehran: Cultural Heritage Organization of the
country Sobhan Noor Publications.



regarding knot grinding? How have knot states been achieved using grinding method and how have generative knot tools been created? How have knots' permanence and connectivity been practiced in using grinding method? Accordingly, and to respond the questions above, step by step knot generations have been carried out. This study is based on the main hypothesis that there are not any external constituents in generating the knots. Therefore, to test the hypothesis, first the step by step design of knot generation has been represented, and then the principles and foundations of knot crushing have been utilized to prove that there are not any external constituents for the knots in the present research. Thus, to achieve better results, one of the most complicated, complete, and functional methods of knot designing and rectangular knots, called the slow knot of 'Sormeh dan-e-Chahar-Shamseh' was utilized to do the tests within 'knot generating' due to the fact that it entails all 'slow' knot constituents and it has been carried out using step by step generations in 5 stages. The results approved the research hypothesis as well as the emergence of all knot constituents in step by step generations of the knots, and that there are not any other external constituents considering what is known as the background knot.

To test the hypotheses above, 5 step by step and gradual designing stages were carried out, through which 4 stages are related to knot generation through grinding and generation. During all stages, the generative principle hypotheses including lack of external tools and the completion of knot tools in the presence of the repeated knot units were approved. Also, some other advantages of designing and developing knots using grinding and emphasizing on generation principles are the continuous relations and observation of a permanent relationship between the knots compared to the previous knots and the forthcoming knots as well as assuring the fact that all resulting geometrical roles follow knot regulations, and geometrical figures which do not encompass knots are avoided.

Keywords: Knot Creating, Generative, Traditional Arts, Iranian Architecture, Islamic Geometry.

Reference: Abas, Syed Jan, and Amer Shaker Salman, 1992, «Geometric and group theoretic methods for computer graphics studies of Islamic symmetric patterns», Computer Graphics Forum, no. 11: 43–53.

AnbariYazdi, Faezeh, 2015, Geometry of Motifs, Fifth Edition, Tehran: Textbook Publishing Company.

Balilan, Lida, 2011, Investigating the Geometric Properties of Nodes in Islamic Decorations from the Fractal Geometry Perspective, Journal of Studies of Islamic Iranian City, Issue 6, Winter, pp. 83-95.

Bodner, B. Lynn, 2011, «A Nine- and Twelve-Pointed Star Polygon Design of the Tashkent Scrolls», Bridges conference proceeding, Coimbra, Portugal: The Bridges Organization, 147-154.

Bodner, B. Lynn, 2010, «Bourgoin's 14-Pointed Star Polygon Designs», Bridges conference proceedings, Pécs, Hungary: The Bridges Organization, 135-142.

Bonner, Jay, 2003, «Three Traditions of Self-Similarity in Fourteenth and Fifteenth Century Islamic Geometric Ornamen», Bridges conference proceedings, Granada, Spain: The Bridges Organization.

Bonner, Jay, 2012, «Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Methods of Derivation», Springer, Velarge.

Bourgoin, J, 1973, Arabic Geometrical Pattern and Design. Dover Publications.

Bozjani, Aboloufa, 2010, Iranian Geometry; Using Geometry in Practice, Fourth Edition, Translated by Ali Reza Atsibi, Tehran: Soroush Publications.

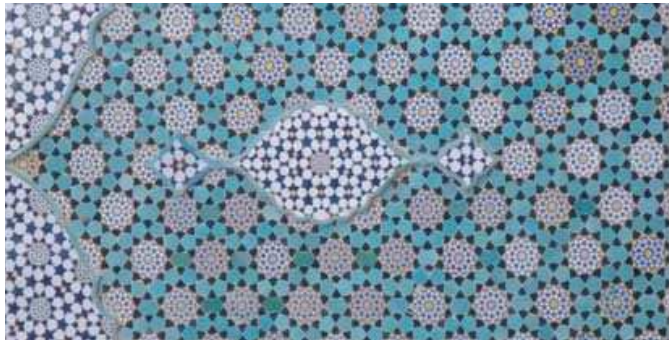
Grunbaum, Branko, and G. C. Shephard, 1992, «Interlace patterns in islamic and moorish art»,

Presentation of the Step by step Model of Knot Drawing Method based on the Principle of Grinding (Generative)

Asadollah Shafizade (Corresponding Author), Assistant Professor, Department of Art and Architecture, Ahar branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran.

Saiede Soltan Mohammadlo, PhD Student, Department of Building and Architecture Engineering, Politecnico di Milan, Milan, Italy.

Received: 2019/05/25 Accepted: 2019/12/15



The goal of the present research is to propose step by step models of knot design based on the most important principle of knot design (generative) within the realm of Islamic Iranian architectural tradition. In the present study, in addition to introducing the common methods to design knots, the knot designing based on grinding (generative) has been analyzed. Our emphasis is on the importance of knot designing method based on the principle introduced, and thus it is emphasized that unlike the existence of written documents and works remaining from traditional Islamic architecture, some efforts have been carried out by a group of western researchers to recreate the initiative knot designing methods. As it has been proposed by some researchers regarding the Iranian origin of the knot generation, and also the emphasis on logical and mystic principles in knot designing fundamentals, the most important method in designing and generating knots refers to knot crushing in Iranian architectural tradition which has been documented by many scholars and contemporary traditionalists as the basis for knot designing. The basic point in the present study is to propose a knot designing method based on generation principles and the generation of knot regarding the background knots. This method, known as the most important characteristic of drawing and designing knots in traditional arts, is based on the fact that if one of the 'slow' (acute) knots is drawn using one of radius construction infrastructure networks or polygons, and then the constituents of the designed knot are first made 'fast' (obtuse), then made 'slow' and subsequently made 'fast' again to the extent that it can reach a knot background with all possible states called "knot in knot", the knot generation method is achieved through this trend. In this method the main hypothesis is that: if a knot is generated based on a crushing (generative) principle, it is not out of the constituents known as the models mentioned above. In other words, the present study is based on general knot designing principles, presupposing the lack of the existence of constituents other than the ones mentioned above in drawing knots, using crushing or generative method which is described above. Accordingly, in the present research we try to first introduce and design the knots through its constituents and show frequent and consecutive generation methods of the knots through the background knots. Thus, the present research has been carried out using a descriptive, analytic, and comparative methods as well as library research method. This study was based on the question that what are the rules, characteristics and geometrical language of generation