

تاریخ دریافت : ۹۳/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش : ۹۴/۰۳/۰۴

بررسی ویژگی‌های حسابی و هندسی در ساختار اجرایی کاشی‌های مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد اصفهان با نگاه به بهینه‌سازی مصالح مصرفی

نیما ولی‌بیگ *

شفق توکلی **

نفیسه خدادادی ***

چکیده

معماری گذشته ایران بر پایه هندسه بنا شده که از ویژگی‌های بارز آن تزیین و نقش‌بندی سطوح است. معمار ایرانی همواره سعی در پرهیز از بیهودگی و بهینه‌سازی مصالح مورد استفاده داشته است. با شناخت و تحلیل گره‌های کاشی‌کاری از لحاظ فرم و هندسه می‌توان به ساختار فرمی و نحوه اجرای آنها پی برد. در این راستا، اصفهان از جمله شهرهای ایران است که تنوع کاشی‌کاری‌ها در مساجد آن بسیار چشمگیر است. فرض بنیادین این پژوهش آن است که، روابط حسابی و هندسی، به شکل مستقیم در ویژگی‌های اجرایی کاشی‌کاری‌ها و صرفه‌جویی مصالح تأثیرگذار است. با نگاهی به تلاش‌های دیگر پژوهشگران مشخص شد تاکنون بیشتر به مفاهیم نمادین و شیوه‌های ترسیمی گره‌های کاشی‌کاری ایرانی پرداخته شده است. اکثر بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه بر روی مسجدهای شاخص بوده است. این پژوهش بر آن است، بر روی مسجدهایی کمتر شناخته‌شده کار کنند. در این خصوص، دو مسجد خیاط‌ها و مسجد ذوالفقار نیم‌آورد - که در عهد حکومت صفویه بنا شده، مورد بررسی قرار گرفتند. این تحقیق برای نخستین بار به بررسی خصوصیات هندسی، مقدار کاشی‌های مصرفی و میزان نیروی کار در سطوح کاشی‌کاری مسجدها پرداخته است. با بررسی‌های کتابخانه‌ای، ترسیمی و تحلیلی، میزان نیروی کار و کاشی‌های مورد استفاده در این دو مسجد مشخص شد. این نوشتار درصدد شناخت و آشکار ساختن تسلط هنرمند و معمار ایرانی به هنر، علم حساب و هندسه است. این بناها دارای نقوش آجری و کاشی‌کاری متنوعی هستند. گره‌ها از عناصر فرمی (مهره‌ها) تشکیل شده‌اند که هرکدام دارای ویژگی‌های هندسی مختص خود هستند. با بررسی تک به تک این مهره‌ها در زمینه گره‌چینی می‌توان نسبت‌های به‌کاررفته در آنها را تعیین کرد. با توجه به یافته‌های این پژوهش تأثیر اندازه و شکل بر میزان نیروی کار مصرفی و مصالح مورد استفاده به‌طور بارز مشخص شد. برخی از گره‌های پرکاربرد، در مسجد خیاط‌ها و ذوالفقار نیم‌آورد آشکار شد. همچنین می‌توان گامی در جهت تداوم هنر گره‌چینی و تزیینات کاشی‌کاری ایرانی برداشت.

واژه‌های کلیدی

کاشی‌کاری، تناسبات هندسی، تناسبات حسابی، خیاط‌ها، مسجد ذوالفقار نیم‌آورد.

.....
 * دکترای مرمت و احیای بناهای تاریخی، استادیار دانشگاه هنر اصفهان n.valibeig@au.ac.ir
 ** کارشناس ارشد مرمت و احیاء بناهای تاریخی. نویسنده مسئول ۰۹۱۳۹۴۱۲۹۷۴ tavakoli.shafagh@gmail.com
 *** کارشناس ارشد مرمت و احیاء بناهای تاریخی. khodadadi.nafise@gmail.com

مقدمه

تفکر هندسی از آنجا نشأت می‌گیرد که هندسه اساساً پایه و بنیان آفرینش جهان است (آیت‌اللهی، ۱۳۸۳ : ۲۲۸). معماری گذشته ایران بر پایه هندسه و شیوه‌های ترسیم دقیق بنا نهاده شده، تا بدان حد که آگاهی از قواعد ریاضی، ترسیم و به کار گرفتن انواع خاص از آن، وظیفه هر معمار بوده است (مولوی و قاسم‌زاده، ۱۳۸۱: ۱۲). عنصر اساسی و دست‌مایه بنیادین هنر و معماری، هندسه و تناسب است (بمانیان، ۱۳۹۰: ۱۹). طرح‌های هندسی یکی از متمایزترین جنبه‌های هنر و معماری اسلامی است (www.broug.com). آنچه به نام هندسه شناخته می‌شود شامل دو بخش است: هندسه نظری و عملی. هندسه نظری درباره خطوط و سطوح و احجام سخن می‌گوید، هندسه عملی درباره دانش هندسه روی چوب، فلز، آجر و دیگر محسوسات (فارابی، ۱۳۸۱: ۷۷).

هنر ایرانی منطبق بر تزیین بوده و هنرمندان گذشته نقش‌هایی را که کنایه و نشانه‌ای از اشکال و امور خارجی بوده‌اند را به تصویر کشیده‌اند (پوپ، ۱۳۸۰: ۱). این هنر، بیان بدیعی از اشکال و طرح‌های هندسی است (جنسن، ۱۳۸۸: ۲۷۵) که بخش قابل توجهی از آن، به کارگیری استادانه نقوش هندسی بر روی سطوح آجری و کاشی است (Elizabeth Rogers, 2008:8).

پرهیز از بیهودگی از اصول معماری ایرانی بوده، همچنین معمار ایرانی این اصل را کاملاً هوشمندانه در تزیینات سطوح به کار می‌برده و در سطوح کاشی‌کاری کمترین دورریز مصالح را داشته است. مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد در بازار اصفهان واقع شده است.

قدمت این مسجدها به دوران صفویه می‌رسد. این بناها دارای نقوش آجری و کاشی‌کاری متنوعی هستند. گره‌ها از عناصر فرمی (مهره‌ها) تشکیل شده‌اند که هر کدام دارای ویژگی‌های هندسی مختص خود هستند.

با بررسی تک‌تک این مهره‌ها در زمینه گره‌چینی می‌توان نسبت‌های به‌کاررفته در آنها را تعیین کرد. بررسی این نقوش می‌تواند ویژگی‌های به‌کاررفته در هندسه گره‌چینی و میزان کاشی مصرفی در این بنا را مشخص سازد. همچنین می‌توان گامی در جهت تداوم هنر گره‌چینی و تزیینات کاشی‌کاری ایرانی برداشت. این مقاله درصدد پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر است:

۱. آیا می‌توان با بررسی گره‌های کاشی‌کاری، به میزان کاشی مصرفی در کتیبه‌ها پی برد؟
۲. چه گره‌هایی در آذین‌های کاشی‌کاری مسجدهای خیاط‌ها و نیم‌آورد، کاربرد بیشتری دارد؟
۳. چگونه می‌توان بر پایه محاسبات ریاضی، میزان تیشه‌خواری

و نیروی کار گره‌ها را به دست آورد؟

پیشینه تحقیق

یکی از کهن‌ترین کتاب‌ها درباره هندسه از ابوالوفاء محمد بن محمد بوزجانی است. در این نوشتار به روش ترسیم اشکال مختلف پرداخته شده است (بوزجانی، ۱۳۸۹). همچنین غیاث‌الدین جمشید کاشانی در رساله طاق و ازج به شیوه‌های اندازه‌گیری ابعاد و مساحت شکل‌های هندسی مختلف پرداخته است (کاشانی، ۱۳۶۶).

بر روی گره‌چینی نیز کارهای بسیاری انجام شده است. استادان بزرگی به این نقوش پرداخته‌اند. برخی پژوهشگران بر روی جنبه‌های ترسیمی گره‌ها کار کرده‌اند (لرزاده، ماهرالنقش، شعراف، شفایی و فرشته نژاد و ...). گروهی دیگر نیز شیوه‌های ساخت و اجرای آنها را مورد بررسی قرار داده‌اند (پیرنیا، بزرگمهری). همچنین دسته‌ای دیگر نحوه ساخت گره‌های چوبی را بیان کرده‌اند (تسوجی). پژوهش دیگری در این زمینه توسط نگارندگان بر روی مسجد صفوی شیشه اصفهان انجام شده است.

این مقاله در راستای تکمیل و مقایسه روابط و ساختارهای ریاضی فراموش شده نهفته در این نقوش به نگارش درآمده است. در آن برای نخستین بار فرم‌های گره‌چینی مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد اصفهان، تناسب حسابی و هندسی این نقوش بررسی شده است.

روش تحقیق

این پژوهش براساس مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیلی و میدانی صورت گرفته است. در این تحقیق تلاش شد مسجدهایی انتخاب شود که بیانگر تعداد بیشتری از نمونه‌های گره‌ها باشند. لذا دو نمونه انتخاب‌شده دارای بیشترین تزیینات آجرکاری و کاشی‌کاری هستند.

ابتدا مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد به عنوان بناهای مورد نظر انتخاب شد، جامعه آماری، کلیه نقوش گره‌چینی این دو بنا است. نقش‌ها تک به تک عکس‌برداری، پیاده‌سازی و با نرم‌افزار مدل‌سازی، ترسیم شد.

سپس هر گره به فرم‌های تشکیل‌دهنده آن (مهره‌ها) تقسیم شد. مساحت، محیط و فراوانی هر فرم با استفاده از نرم‌افزار ترسیمی به دست آمد و در ادامه میزان تیشه‌خواری (نیروی کار انسانی) هر نقش در زمینه موجود محاسبه و در گره‌های مختلف با هم مقایسه شد. میزان کاشی مصرفی براساس رنگ نیز در هر کتیبه کاشی‌کاری مشخص شد. در این مقاله ترسیم‌ها براساس روش استادکاران شاخص ترسیم نقوش، بنا نهاده شده است (لرزاده، ماهرالنقش و شعراف).

گره

گره به در هم پیچیدگی نقوش اطلاق می‌شود که در تمام طول تاریخ بوده است (فرشته‌نژاد، ۱۳۸۸: ۲۹۷). این نقوش هندسی برای قرن‌ها به عنوان نقوش تزیینی بر دیوارها، سقف‌ها، بازشوها، گنبد‌ها و مناره‌ها استفاده می‌شده‌اند (Embi & Abdullahi, 2012: 27). گره بافت‌های گوناگونی از شکل‌های منظم هندسی است که براساس هماهنگی و تعادل نقش یافته است (نوابی، حاجی قاسمی، ۱۳۹۰: ۱۷۶). اساس الگوی گره‌ها، شکل دایره، مربع و خط مستقیم است که این عناصر با تکرار، ترکیب و درهم آمیختن نظم می‌یابند (The Metropolitan Museum of Art, 2004: 10) نکته در گره آن است که هر گره در زمینه مخصوص به خود محدود می‌شود، یعنی به وجود آمدن شکل گره از به وجود آمدن زمینه آن جدا نیست (شعرباف، ۱۳۸۵: ۹).

گره اقسام دوبعدی و سه‌بعدی دارد که همه از زیر نقش‌های مشابهی به دست می‌آیند (نجیب‌اوغلو، ۱۳۸۹: ۳۱). در برخی تکنیک‌ها، برای نمایش مهره‌های گره از کنار هم چیدن مهره‌ها کمک می‌گیرند، یک در میان فرورفتگی و پیش‌آمدگی پیدا کرده، در کاشی‌کاری اختلاف رنگ می‌یابند یا در اکثر مواقع توسط یک باریکه کاشی عمدتاً فیروزه‌ای یا لاجوردی به نام دوال از یکدیگر تفکیک می‌شوند (لرزاده، ۱۳۸۹: ۱۴۲). بسیاری از سازندگان الگوهای جدید از شیوه‌های سنتی براساس شبکه چندضلعی‌های منتظم و به نام‌های گره‌چینی، نقوش مولد و کاشی‌کاری برجسته استفاده می‌کنند. (Webster, 2013: 88) این نقوش ریشه در ریاضی داشته و سازندگان آنها به طور کامل با هندسه آشنا بوده‌اند (Kaplan, 2004: 98)، به طوری که بسیاری از نقوش هندسی با استفاده از شیوه‌های ترسیمی چندضلعی ایجاد شده‌اند (Bonner, 2012: 593).

مسجدهای صفوی اصفهان

مسجد خیاط‌ها (پا درخت سوخته زنجانی)

مسجد خیاط‌ها معروف به مسجد پا درخت سوخته زنجانی از مساجد کوچک دوران صفوی در اصفهان است. تنها تاریخ بنا که مربوط به در قدیمی آن است، اشاره به تاریخ ۹۷۵ هجری قمری دارد (حاجی قاسمی، ۱۳۸۳: ۴۲۳). کتیبه سر در آن به نام ابوالفتح سلطان احمد میرزا، پسر شاه‌طهماسب صفوی است که بانی مسجد بوده است (رفیعی مهرآبادی، ۱۳۵۲: ۳۴۰). مسجد خیاط‌ها در تاریخ ۲۰ مرداد ۱۳۷۷ به شماره ۲۱۵۴ به‌عنوان یکی از آثار ملی ایران ثبت رسیده است (دانشنامه تاریخ معماری ایران‌شهر).

مسجد ذوالفقار نیم‌آورد

مسجد نیم‌آورد از مساجد صفوی است که در محله نیم‌آورد

اصفهان قرار دارد.

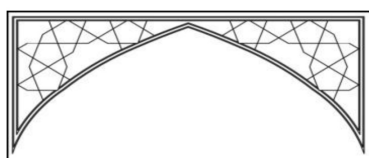
براساس کتیبه سردر مسجد که با خط ثلث با کاشی سفید معرق و بر زمینه لاجوردی است، این بنا در زمان شاه‌طهماسب صفوی در سال ۹۵۰ ه. ق، به وسیله شخصی به نام شیخ‌محمدصفی ساخته شده است (هنرفر، ۱۳۵۰: ۳۸۴).

بررسی ویژگی‌های نقوش گره‌چینی اجراشده در مسجد خیاط‌ها و مسجد نیم‌آورد

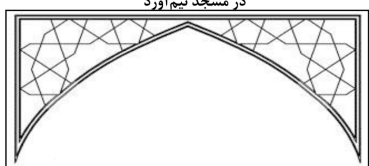
نقوش گره‌چینی گوناگونی در این دو مسجد به کار رفته است، بعضی از نقوش مانند گره کند سرمه‌دان، کند سرمه‌دان قناس کوچک، گل صابونکی، شمسه و چهار سلی مربع‌دار و شش تند زمینه هشت به طور کامل با کاشی اجرا شده و گره‌های کند دو پنج، شش تند زمینه ده و سکرون و بازوبندی به صورت ترکیبی از کاشی و آجر به کار رفته است. یکی از معروف‌ترین و زیباترین اشکال به کار رفته در نقوش هندسی فرم ستاره (خورشیدی) است (Lee, 1995: 18) که در اکثر گره‌های بررسی شده به کار رفته است.

گره کند دو پنج

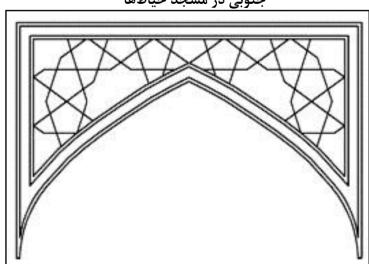
این گره بنیان بسیاری از گره‌ها است و انواع گره ۱۰ براساس آن رسم می‌شود (لرزاده، ۱۳۸۹: ۱۴۵). این نقش اغلب در سردر ایوان‌های اصلی اجرا شده است^۱ (تصویر ۱).



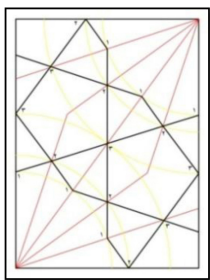
۳- گره اجراشده در زمینه لچکی در مسجد نیم‌آورد



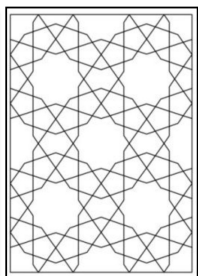
۴- گره اجراشده در لچکی ضلع جنوبی در مسجد خیاط‌ها



۵- گره اجراشده در لچکی ضلع شمالی در مسجد خیاط‌ها



۱- واگیره



۲- گسترش گره

تصویر ۱. گره کند دو پنج. مأخذ: نگارندگان.

با توجه به اینکه این گره در سه زمینه مختلف در مسجد خیاطها و در زمینه‌ای در مسجد نیم‌آورد اجرا شده است میزان تیشه‌خواری و نیروی کار در هر چهار زمینه محاسبه شده است^۲ (جدول ۲).

گره شش تند زمینه هشت





این گره در ضلع غربی مسجد خیاطها به کار رفته است و به طور کامل با کاشی اجرا شده است. در مهره هشت ضلعی منتظم این گره نقش علی اجرا شده است (تصویر ۲-ب).



در زیر محیط، مساحت و فراوانی هریک از فرم‌های این گره در زمینه‌های به کار رفته به دست آمده است. میزان تیشه‌خواری در یک نقش برابر است با محیط پیرامون آن، زیرا مصالح به شکل اولیه خود به بنا وارد و سپس توسط استادکار، تراش داده می‌شود، بنابراین میزان تیشه‌خواری این گره در زمینه‌های اجرا شده محاسبه شده است (جدول ۱).

گره شش تند زمینه ده






این نقش از پنج مهره تشکیل شده است (تصویر ۲-الف).






جدول ۱. ویژگی‌های فرم‌های به کار رفته در گره کند دو پنج. مأخذ: نگارندگان.

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	فراوانی × مساحت	فراوانی × محیط
	۱۲۰۶۵	۴۳۹	۲,۵	۳۰۱۶۲	۱۰۹۷
	۳۷۴۲	۲۴۵	۲,۵	۹۳۵۵	۶۱۲,۵
	۲۱۴۰	۱۷۶	۹,۵	۲۰۳۳۰	۱۶۷۲
	۶۶۴	۹۸	۹,۵	۶۳۰۸	۹۳۱
	۷۲۳	۱۱۳	۲۴	۸۱۷۰۰	۲۷۱۲
	۲۳۰	۶۴	۲۴	۵۵۲۰	۱۵۳۶
	۳۲۵۳	۲۲۸	۱	۳۲۵۳	۲۲۸
	۱۰۲۲	۱۲۸	۱	۱۰۲۲	۱۲۸
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			میزان تیشه‌خواری در تصویر ۲-۴ = ۱۰۹۷ + ۱۶۷۲ + ۲۷۱۲ + ۲۲۸ = ۵۷۰۹ میزان تیشه‌خواری در تصویر ۲-۵ = ۶۱۲,۵ + ۹۳۱ + ۱۵۳۶ + ۱۲۸ = ۳۲۰۷		

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
	۲۳۵۹	۱۹۴	2.5	۵۸۹۷	۴۸۵
	۴۴۰	۸۰	9.5	۴۱۸۰	۷۶۰
	۱۴۸	۵۲	24	۳۵۵۲	۱۲۴۸
	۶۶۹	۱۰۴	1	۶۶۹	۱۰۴
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			میزان تیشه‌خواری در تصویر ۲-۳ = ۱۲۵۴ + ۱۴۶۹ + ۲۱۵۰ = ۴۱۷۳		

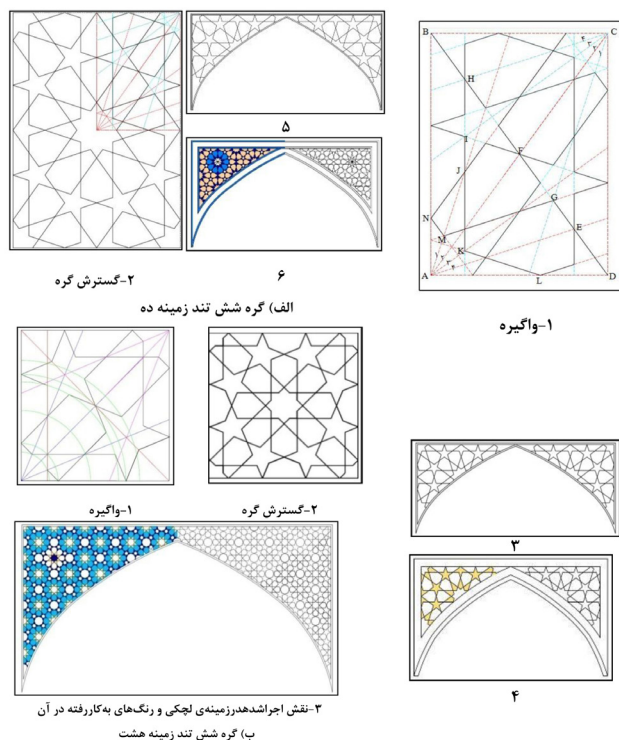
جدول ۲. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره شش تند زمینه ده و گره شش تند زمینه هشت. مأخذ: نگارندگان.

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
    	۹۸۴	۱۶۰	۲,۵	۲۴۶۰	۴۰۰
	۳۵۶	۱۲۹	۸	۲۸۴۸	۱۰۳۲
	۵۷۶	۹۳	۲۴	۱۳۸۲۴	۲۲۳۲
	۲۵۷	۹۳	۶	۱۵۴۲	۵۵۸
	۱۶۰	۵۸	۲۰	۲۰۰	۱۱۶۰
میزان تیشه خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی $۵۳۸۲ = ۴۰۰ + ۱۰۳۲ + ۲۲۳۲ + ۵۵۸ + ۱۱۶۰$					
گره شش تند زمینه ده مسجد نیم آورد ۲-الف-۳					

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	فراوانی * مساحت	فراوانی * محیط
	۵۲۳	۱۱۶	۲,۵	۱۳۰۷	۲۹۰
	۳۷۲۳	۳۱۱	۲,۵	۹۳۰۷	۷۷۷۵
	۶۱	۴۰	۶	۳۶۶	۲۴۰
	۱۸۹	۹۴,۴	۸	۱۵۱۲	۷۵۵,۲
	۱۳۴۷	۲۵۱	۸	۱۰۷۷۶	۲۰۰۸
	۲۲	۳۲	۳۲	۷۰۴	۱۰۲۴
	۳۰۶	۶۸	۲۴	۷۳۴۴	۱۶۳۲
	۲۱۸۰	۱۸۲	۲۴	۵۲۳۲۰	۴۳۶۸
	۳۶	۲۳	۷۴	۲۶۶۴	۱۷۰۲
	۱۳۷	۶۸	۶	۸۲۲	۴۰۸
	۹۷۵	۱۸۲	۶	۵۸۵۰	۱۰۹۲
	۱۶	۲۳	۱۴	۲۲۴	۳۲۲
	۸۵	۴۲	۲۰	۱۷۰۰	۸۴۰
	۶۰۲	۱۱۲	۲۰	۱۲۰۴۰	۲۲۴۰
	۱۰	۱۴,۴	۷۰	۷۰۰	۱۰۰۸
میزان تیشه خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی $۳۹۲۵ = ۲۹۰ + ۷۵۵ + ۱۶۳۲ + ۴۰۸ + ۸۴۰$					
۲-الف-۴					
$۱۰۴۸۵,۵ = ۷۷۷۵ + ۲۰۰۸ + ۴۳۶۸ + ۱۰۹۲ + ۲۲۴۰$					
در تصویر ۲-الف-۵					
$۴۲۹۶ = ۲۴۰ + ۱۰۲۴ + ۱۷۰۲ + ۳۲۲ + ۱۰۰۸$					
در تصویر ۲-الف-۶					
گره شش تند زمینه ده مسجد خیاطها					

جدول ۲-ج. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره شش تند زمینه ده و گره شش تند زمینه هشت. مأخذ: نگارندگان.

فرآوانی × محیط	فرآوانی × مساحت (cm ²)	رنگ کاشی	فرآوانی در لچکی	محیط (cm)	مساحت (cm ²)	مهره	مسجد خیاطاها	گره شش تند زمینه هشت
۱۰۸۰	۱۴۴۴	سفید	۳۸	۲۷	۳۸			
	۷۶	سرمه ای	۲					
۶۳۰۰	۸۵۲۰	فیروزه ای	۲۸۴	۲۱	۳۰			
	۴۸۰	سفید	۱۶					
۳۴۹۶	۲۱۲۸	اخراپی	۳۰۴	۱۱,۵	۷			
۴۸۸۴	۲۹۷۰	سرمه ای	(۱۴۸) ۲/۳	۳۳	۳۰			
	۱۴۷۰	سفید	(۱۴۸) ۱/۳					
۱۱۰۲	۲۳۹۴	-	۳۸	۲۹	۶۳			
میزان تیشه خواری (میزان نیروی کار) = محیط × فرآوانی								
میزان تیشه خواری در تصویر ۲-ب-۳ = ۱۰۸۰ + ۶۳۰۰ + ۳۴۹۶ + ۴۸۸۴ + ۱۱۰۲ = ۱۶۸۶۲								
میزان کاشی فیروزه ای = ۸۵۲۰ (cm ²)				میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ = (مساحت * فرآوانی) مجموع				
میزان کاشی سرمه ای = ۷۶ + ۲۹۷۰ = ۳۰۴۶ (cm ²)								
میزان کاشی سفید = ۱۴۴۴ + ۴۸۰ + ۱۴۷۰ = ۳۳۹۴ (cm ²)								
میزان کاشی اخراپی = ۲۱۲۸ (cm ²)								



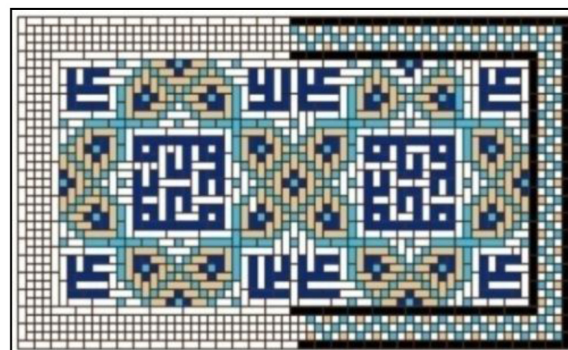
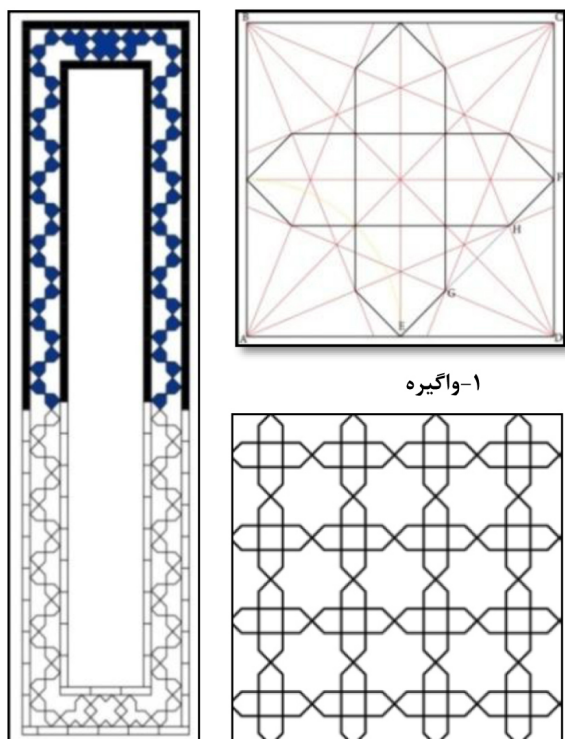
مساحت، محیط و فرآوانی هریک از اشکال به کار رفته در این گره به دست آمده و سپس میزان تیشه‌خواری و نیروی کار محاسبه شده‌است. با توجه به اینکه این نقش با کاشی اجرا شده است می‌توان میزان کاشی به کار رفته را به طور جداگانه برای هر رنگ کاشی محاسبه کرد که این میزان برابر با مجموع فرآوانی ضرب در مساحت کاشی‌های هر رنگ است (جدول ۲).

گره شمسه و چهار سلی مربع‌دار

این نقش در مسجد نیم‌آورد اجرا شده است (تصویر ۳). این نقش در دو زمینه در مسجد نیم‌آورد اجرا شده است. یکی از زمینه‌ها نقش با استفاده از مدول‌های مربع و مستطیل ایجاد شده است، برای به دست آوردن میزان تیشه‌خواری و

تصویر ۲. گره شش تند زمینه ده و گره شش تند زمینه هشت. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۳. گره شمسه و چهار سلی مربع دار. مأخذ: نگارندگان.



۴- گره اجراشده با مدول مربع و مستطیل

۲- گسترش گره ۳- گره اجراشده در زمینه قاب

گره کند سرمه‌دان قناس کوچک این نقش در لچکی‌هایی در ضلع غربی^۴ میان‌سرای مسجد خیاط‌ها کار شده است (تصویر ۴-الف).

همچنین مساحت کاشی‌های به کار رفته، نقش به مدول‌های آن تجزیه شده، محیط و مساحت این مدول‌ها به دست آمده است^۳ (جدول ۳).

جدول ۳. ویژگی‌های فرم‌های به کار رفته در گره شمسه و چهارسلی مربع دار. مأخذ: نگارندگان.

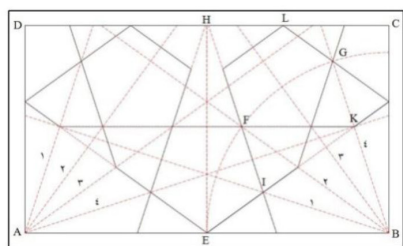
مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
	۳۳	۲۵	۲۳	سفید	۷۶۰	۵۷۵
	۵	۸	۱۰۸	سرمه ای	۵۴۰	۸۶۴
	۲,۵	۶	۲۶	سفید	۶۵	۱۵۶
میزان تیشه خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			۱۵۹۵ = ۵۷۵ + ۸۶۴ + ۱۵۶ = میزان تیشه خواری در تصویر ۳-۳			
(مساحت * فراوانی) مجموع (cm ²) میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ =			۵۴۰ (cm ²) = میزان کاشی سرمه ای			
			۸۲۵ (cm ²) = ۷۶۰ + ۶۵ = میزان کاشی سفید			

جدول ۳-ب. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره شمسه و چهارسلی مربع دار. مأخذ: نگارندگان.

مدول	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در زمینه	رنگ کاشی	جنس مصالح	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
مسجد تيم آور	۲۲	۲۳,۵	۴	-	آجر	۸۸	۲۲۰۹
			۲۶	سرمه ای	کاشی	۵۷۲	
			۳۴	سفید		۷۴۸	
			۶	فیروزه ای		۱۳۲	
			۲۴	سیاه		۵۲۸	
	۱۶,۵	۱۹	۴۶	-	آجر	۷۵۹	۳۰۰۲
			۲۶	سرمه ای	کاشی	۴۲۹	
			۵۲	سفید		۸۵۸	
			۱۴	فیروزه ای		۲۳۱	
			۲۰	سیاه		۳۳۰	
	۱۱	۱۴	۹۲	-	آجر	۱۰۱۲	۴۱۱۶
			۵۸	سرمه ای	کاشی	۶۳۸	
۱۱۰			سفید	۱۲۱۰			
۳۴			فیروزه ای	۳۷۴			
۵,۵	۹,۵	۲۴	-	آجر	۱۳۲	۹۵۹۵	
		۸۶	سرمه ای	کاشی	۴۷۳		
		۳۳۲	سفید		۱۸۲۶		
		۴۷۲	فیروزه ای		۲۵۹۶		
		۹۶	اخرايي		۵۲۸		
میزان تیشه خورای (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			میزان تیشه خورای در تصویر ۳-۴ = ۲۲۰۹ + ۳۰۰۲ + ۴۱۱۶ + ۹۵۹۵ = ۱۸۹۲۲				
مساحت * فراوانی) مجموع (فرمول ۲) (cm ²) میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ =			میزان کاشی سرمه ای (cm ²) = ۵۷۲ + ۴۲۹ + ۶۳۸ + ۴۷۳ = ۲۱۱۲				
			میزان کاشی سفید (cm ²) = ۷۴۸ + ۸۵۸ + ۱۲۱۰ + ۱۸۲۶ = ۴۶۴۲				
			میزان کاشی فیروزه ای (cm ²) = ۱۳۲ + ۳۷۴ + ۲۳۱ + ۲۵۹۶ = ۳۳۳۳				
			میزان کاشی سیاه (cm ²) = ۵۲۸ + ۳۳۰ = ۸۵۸				

گره کند سرمه‌دان رو آلت این نقش در مسجد خیاط‌ها به طور کامل با کاشی اجرا شده است (تصویر ۴-ب). گره به فرم‌های تشکیل‌دهنده آن تجزیه و ویژگی‌های هر یک

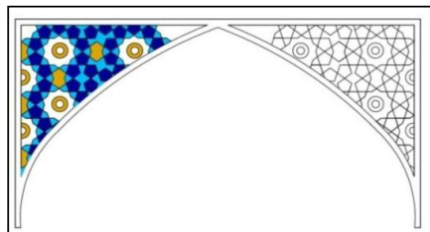
مساحت، محیط و فراوانی هر یک از اشکال به کار رفته در این گره بررسی شد و سپس میزان تیشه‌خواری و نیروی کار محاسبه شد و میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ به دست آمد (جدول ۴).



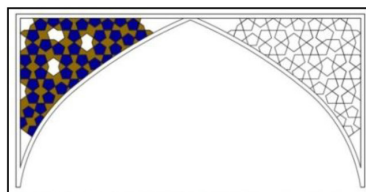
۱-واگیره



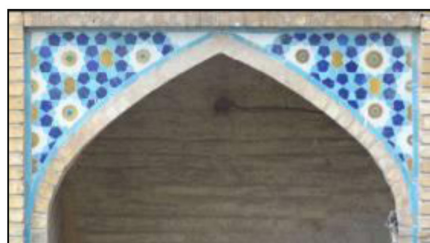
۱-واگیره



۲-رنگ‌های به‌کاررفته در نقش



۲-نقش اجراشده در زمینه لچکی و رنگ‌های آن



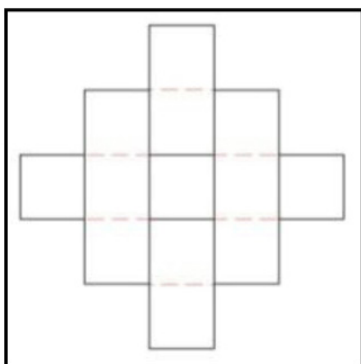
الف) گره کند سرمه‌دان قناس کوچک

تصویر ۴. گره کند سرمه‌دان. مأخذ: نگارندگان.

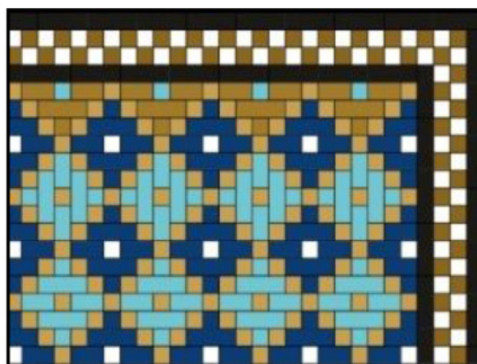
جدول ۴. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره کند سرمه‌دان. مأخذ: نگارندگان.

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
گره کند سرمه‌دان قناس کوچک مسجد خاها		۱۲۳	۴۵	سفید	۱۲۳	۴۵
		۲۲	۱۸	سرمه ای	۱۵۸۴	۱۲۹۶
		۸	۱۲	اخرایی	۲۷۲	۴۰۸
		۳۴	۲۳	سفید	۲۷۲	۱۸۴
		۳۵	۳۶	اخرایی	۹۸۰	۱۰۰۸
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			میزان تیشه‌خواری در تصویر ۴-الف-۳ = = ۴۴,۵ + ۱۲۹۶ + ۴۰۸ + ۱۸۴ + ۱۰۰۸ = ۲۹۳۴			
میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ = (مساحت * فراوانی) مجموع			۱۵۸۴ (cm ²) = میزان کاشی سرمه ای ۳۹۵ (cm ²) = ۱۲۳ + ۲۷۲ = میزان کاشی سفید ۱۲۵۲ (cm ²) = ۲۷۲ + ۹۸۰ = میزان کاشی اخرایی			

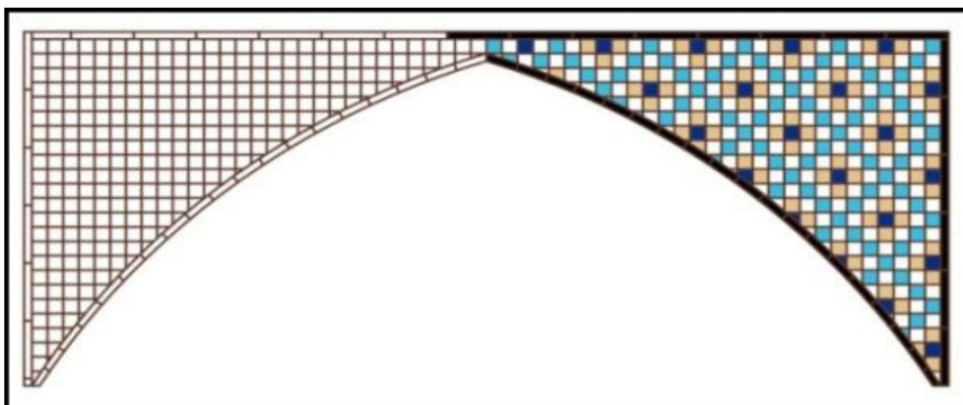
مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
	۱۴۱	۴۷.۵	۹	سفید	۱۲۶۹	۴۲۷.۵
	۲۵	۱۹	۴۸	سرمه ای	۱۲۰۰	۹۱۲
	۸.۵	۱۲.۳	۹۰	فیروزه ای	۷۶۵	۱۱۰.۷
	۳۸	۲۴.۵	۷	اخرایی	۲۶۶	۱۷۱.۵
	۳۹.۵	۳۸	۸	فیروزه ای	۳۱۶	۳۰.۴
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی						
میزان تیشه‌خواری در تصویر ۳۹۲۲=۳۰.۴+۱۷۱.۵+۱۱۰.۷+۹۱۲+۴۲۷.۵ میزان تیشه‌خواری در تصویر ۲-۳-۴						
میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ = (مساحت * فراوانی) مجموع						
(cm^2) میزان کاشی فیروزه ای = $۷۶۵+۳۱۶=۱۰۸۱$ (cm^2) میزان کاشی سرمه ای = ۱۲۰۰ (cm^2) میزان کاشی سفید = ۱۲۶۹ (cm^2) میزان کاشی اخرایی = ۲۶۶						



۱-واگیره



۲-نقش اجراشده در مسجد خیاطها



۳-نقش اجراشده در مسجد نیم‌آورد

تصویر ۵. گره گل صابونکی. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۵. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره گل صابونکی. مأخذ: نگارندگان.

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
مسجد نیم آورد	۷	۱۰	۲۴۰	سفید	۱۶۸۰	۵۵۲۰
			۱۴۶	فیروزه ای	۱۰۲۲	
			۴۰	سرمه ای	۲۸۰	
			۱۲۶	اخرایی	۸۸۲	
میزان تیشه‌خواری = محیط * فراوانی			میزان تیشه‌خواری در تصویر ۳-۵ = ۵۵۲۰			
(مساحت * فراوانی) مجموع (فرمول ۲) (cm ²) میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ =			(۱۰۲۲cm ² = میزان کاشی فیروزه ای) (۸۸۲cm ² = میزان کاشی اخرایی)		(۲۸۰cm ² = میزان کاشی سرمه ای) (۱۶۸۰cm ² = میزان کاشی سفید)	

جدول ۶. ویژگی‌های فرم‌های به‌کاررفته در گره پیلی و مربع. مأخذ: نگارندگان.

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در لچکی	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
مسجد خیاط‌ها	۸۶	۱۳۶	۱۱۰	سرمه ای	۷۴۸	۳۲۹۱
			۲۲	اخرایی	۱۵۰	
			۱۱۰	فیروزه ای	۷۴۸	
مسجد خیاط‌ها	۵۸	۱۰	۱۱۰	سرمه ای	۹۳۵	۲۶۴۰
			۴۴	اخرایی	۳۷۴	
			۱۱۰	فیروزه ای	۹۳۵	
مسجد خیاط‌ها	۲۰۹	۶۰	۱۱۰	فیروزه ای	۳۱۹	۲۷۸۶
			۴۴	اخرایی	۱۲۷٫۶	
			۱۲۰	سرمه ای	۳۴۸	
			۶۰	سفید	۱۷۴	
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			میزان تیشه‌خواری در تصویر ۲-۵ = ۳۲۹۱ + ۲۶۴۰ + ۲۷۸۶ = ۸۷۱۷			
(cm ²) میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ = (مساحت * فراوانی) مجموع			(۲۰۰۲cm ²) = ۷۴۸ + ۹۳۵ + ۳۱۹ = میزان کاشی فیروزه ای (۲۰۳۱cm ²) = ۷۴۸ + ۹۳۵ + ۳۴۸ = میزان کاشی سرمه ای (۱۷۴cm ²) = میزان کاشی سفید (۶۵۱cm ²) = ۱۵۰ + ۳۷۴ + ۱۲۷ = میزان کاشی اخرایی			

مهره	مساحت (cm ²)	محیط (cm)	فراوانی در زمینه	رنگ کاشی	فراوانی * مساحت (cm ²)	فراوانی * محیط
	۳۸,۵	۳۵	۱۰	اخرایی	۳۸۵	۷۰۰
			۱۰	فیروزه ای	۳۸۵	۷۰۰
	۳۴,۵	۳۵	۸	اخرایی	۲۷۶	۴۰۰
			۸	فیروزه ای	۲۷۶	۴۰۰
	۴,۲	۸,۲	۹,۵	سفید	۴۰	۸۰
	۱۶,۵	۱۶	۹	سفید	۱۴۸.۵	۱۴۴
میزان تیشه‌خواری (میزان نیروی کار) = محیط * فراوانی			۱۴۸۴ = ۱۴۴ + ۸۰ + ۵۶۰ + ۷۰۰ = میزان تیشه‌خواری در تصویر ۶			
میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ = (cm ²)			۳۸۵ + ۲۷۶ = ۶۶۱ (cm ²) میزان کاشی اخرایی ۴۰ + ۱۴۸۵ = ۱۵۲۵ (cm ²) میزان کاشی سفید ۳۸۵ + ۲۷۶ = ۶۶۱ (cm ²) میزان کاشی فیروزه ای			

گره‌های چوبی را بیان کرده‌اند. این مقاله در پی تکمیل و مقایسه روابط و ساختارهای ریاضی فراموش شده نرفته در این نقوش است؛ برای نخستین بار تناسبات حسابی و هندسی در فرم‌های گره‌چینی کاشی‌های مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد اصفهان بررسی شده است که تفاوت شاخص این مقاله با سایر پژوهش‌های پیشین است.

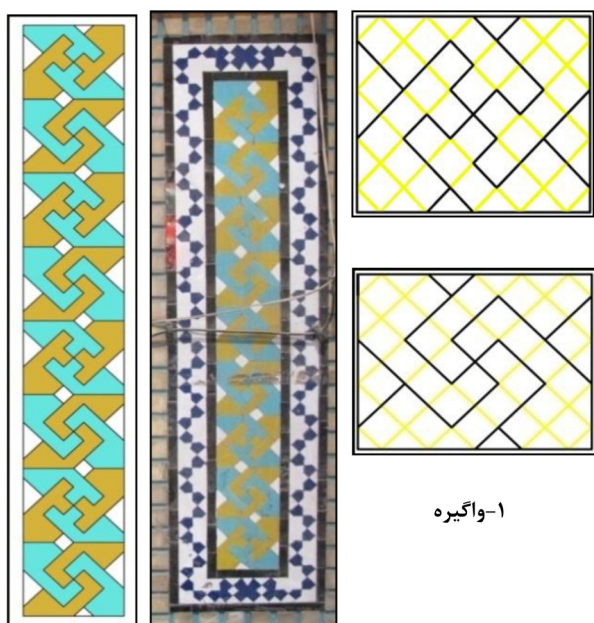
بررسی شد. میزان تیشه‌خواری برای این نقش محاسبه شد و با توجه به فراوانی و مساحت مهره‌ها میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ به دست آمد^۵ (جدول ۴).

گره گل صابونکی

مطالعه طرح‌های کاشی‌کاری ایرانی نشان می‌دهد که بسیاری از این الگوها به سادگی با برش و چسباندن کاشی‌های مربع شکل تک‌رنگ ایجاد شده‌اند (Sarhangi, 2008)؛ (تصویر ۵). در این نقش حاصل مشخصاتی مانند مساحت و محیط به دست آمده و میزان تیشه‌خواری محاسبه شده سپس میزان کاشی مصرفی از هر رنگ به دست آمده است^۶ (جدول ۵).

گره پیلی و مربع

این نقش در زمینه قاب در مسجد نیم‌آورد به کار رفته و به طور کامل با کاشی اجرا شده است (تصویر ۶). این نقش به فرم‌های تشکیل‌دهنده آن تجزیه و ویژگی‌های هر یک بررسی شد. میزان تیشه‌خواری برای این نقش محاسبه شد و با توجه به فراوانی و مساحت مهره‌ها میزان کاشی به کار رفته از هر رنگ به دست آمد^۷ (جدول ۶).



۱- واگیره

۲- نقش اجرا شده در مسجد نیم‌آورد

تصویر ۶. گره پیلی و مربع. مأخذ: نگارندگان.

بحث
تاکنون بر روی گره‌چینی پژوهش‌های بسیاری انجام شده است. براساس آنچه در مرور ادبیات بیان شد برخی پژوهشگران بر روی جنبه‌های ترسیمی گره‌ها کار کرده‌اند. گروهی دیگر نیز شیوه‌های ساخت و اجرای این گره‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین دسته‌ای دیگر نحوه ساخت

نتیجه گیری

براساس تحلیل‌های انجام شده آشکار شد که می‌توان با شناخت روابط حسابی و هندسی، ویژگی‌های اجرایی کاشی‌کاری و میزان صرفه‌جویی مصالح مسجدهای مورد مطالعه را مشخص کرد. همچنین روابط حسابی و هندسی به شکل مستقیم می‌تواند در خصوصیات اجرایی کاشی‌ها کارا باشد. این نوشتار به خوبی بیانگر تأثیر عامل هندسه و حساب بر میزان نیروی کار گره‌ها و نحوه اجرای کاشی‌کاری مسجدهاست. براساس نمونه‌های مشاهده شده هندسه به عنوان عامل تأثیرگذار در اجرای گره‌ها آشکار شد.

در این جستار تلاش شد تا با بررسی و تحلیل آذین‌های کاشی‌کاری مسجد خیاط‌ها و نیم‌آورد، برخی از گره‌های پرکاربرد و ویژگی‌های فرمی این نقوش مشخص شود. با توجه به تحلیل‌های به‌دست آمده آشکار شد: گره کند دو پنج اغلب در لچکی ایوان‌های اصلی به کار رفته است. همچنین نقوشی چون گره گل صابونکی و شش تند زمینه ده از نقوش پرکاربرد در این مسجدهاست. (پاسخ سوال شماره ۲). افزون بر مقیاس به کار رفته در گره‌ها (زمینه‌ای که نقش در آن اجرا شده)، فرم و هندسه نیز بر میزان تیشه‌خواری مؤثر است. هریک از گره‌ها به فرم‌های کوچکتری تبدیل می‌شوند که با بررسی مشخصه‌های هندسی فرم‌ها می‌توان میزان تیشه‌خواری و نیروی کار انسانی به کار رفته در نقوش را محاسبه کرد (پاسخ سوال شماره ۱). در نقوش بررسی شده نقش شمس و چهار سلی مربع‌دار بیشترین میزان تیشه‌خواری را داراست که با توجه به اجرای این گره با استفاده از مدول مربع و مستطیل، نیاز به نیروی کار انسانی بیشتری دارد. پس از آن گره گل صابونکی و گره شش تند زمینه هشت بیشترین میزان تیشه‌خواری را دارند، این بدان معناست که این نقوش نیاز به صرف نیروی کار و متعاقب آن زمان، مصالح و هزینه بیشتری دارند (پاسخ سوال ۳). هنرمند و معمار گذشته ایرانی با بهره‌گیری از هوش و ذکاوت خود سعی در صرفه‌جویی و پرهیز از اسراف در مصالح مصرفی - پرهیز از بیهودگی - داشته است. راهکار ارایه شده در این مقاله برای نخستین بار می‌تواند ملاک خوبی برای انتخاب گره با توجه به هزینه برای کارفرما باشد. محاسبه میزان نیروی کار کاشی‌ها علاوه بر برآورد هزینه‌ها به طراح کمک می‌کند تا قبل از اجرا، مقدار کاشی‌های مورد استفاده را براساس رنگ مورد نظر سفارش دهد. این مهم به بهینه‌سازی مصالح مصرفی می‌انجامد (برآورد میزان نیروی کار کاشی‌کاری‌ها اثبات خوبی بر هوش و ذکاوت معمار ایرانی است).

پی‌نوشت‌ها

۱. شیوه ترسیم گره کند دو پنج: عرض زمینه، مطابق عرض قابی از ساختمان انتخاب می‌شود که قرار است بر روی آن گره ساخته شود. سپس خطی عمود بر گوشه این خط ترسیم شده و زاویه نود درجه به دست آمده به پنج بخش مساوی تقسیم می‌شود، آنگاه، برای مشخص ساختن طول زمینه، از انتهای دیگر عرض زمینه خطی بر عرض زمینه عمود می‌شود، هرکجا این خط، سومین خط تقسیم‌بندی زاویه نود درجه کناری را قطع کند، نقطه‌ای به دست می‌آید که اگر از آن نقطه به موازات عرض پایینی زمینه ترسیم شود، کل قاب زمینه مشخص خواهد شد. خطوطی که از تقسیم زاویه به پنج بخش مساوی پدید می‌آید، خط‌گیر نامیده می‌شود. این خطوط از پایین به بالا خط‌گیر اول، دوم، سوم و چهارم نامیده می‌شوند. از سوی دیگر برای ترسیم گره‌ها، خط دیگری به نام خط رمز لازم است. این خط در هر گره به روشی مخصوص به خود به دست می‌آید. در این گره خط رمز عمودمنصف عرض زمینه است (سپس دواپری به مرکز سمت چپ پایین و سمت راست بالا ترسیم می‌کنیم که شعاع آن به ترتیب برابر است با فاصله گوشه تا نقطه برخورد خط رمز و خط‌گیر اول، خط رمز و خط‌گیر دوم، خط رمز و خط‌گیر سوم. در گام بعد فاصله‌های بین خط‌گیر و خط رمز را با خطوط زیگزاگ پر می‌کنیم این خطوط با راهنمای خط رمز ترسیم می‌شوند. در گام آخر کافی است خطوط زیگزاگ را در راستای خود امتداد دهیم تا واگیره گره کامل شود (لرزاده، ۱۳۸۹: ۱۴۶). شکل کامل از طریق گسترش به روش قرینه محوری حاصل می‌شود.
۲. شیوه ترسیم گره شش تند زمینه ده: عرض زمینه، مطابق عرض قابی از ساختمان که بر روی آن گره ساخته می‌شود، انتخاب می‌شود. سپس خطی عمود بر گوشه این خط ترسیم و زاویه نود درجه به دست آمده A نامیده می‌شود. این زاویه به پنج بخش مساوی تقسیم و نقطه C بر خط چهارم انتخاب شده است و از آن عمودهایی بر اضلاع زاویه A رسم می‌شود تا قاب زمینه مشخص شود. زاویه C را نیز به پنج قسمت مساوی تقسیم کرده و خطوط آن رسم می‌شود. قطر BD خطوط دوم و چهارم زاویه A را در E و F و همچنین خطوط اول و چهارم زاویه C را در نقاط G و H قطع می‌کند. از H خطی به موازات ضلع BA رسم می‌شود که در I با خط سوم زاویه C و در J و K به ترتیب با خطوط اول و سوم زاویه A تلاقی می‌کند. از I به F، وسط AC، وصل شده و از دو طرف امتداد می‌یابد. از E خطی به موازات AB و از G خطی به موازات خط چهارم زاویه A رسم می‌شود که در نقطه M خط اول زاویه A را قطع می‌کند. از M خطی به موازات BD ترسیم می‌شود که در نقطه N با ضلع AB برخورد می‌کند. از N نیز خطی به موازات خط دوم زاویه A رسم می‌شود که در J خط اول زاویه A و خط HK را قطع می‌کند. از K خطی به موازات IF کشیده که در نقطه L با ضلع AD متقاطع می‌شود. از L خطی به موازات خط چهارم زاویه A رسم می‌کند که در نقطه P خط ES را قطع می‌کند. خطوطی که در مثلث ABC ترسیم شد در مثلث CBD تکرار و شکل کامل می‌شود و می‌توان آن را به روش قرینه محوری گسترش داد (ماهرالنقش، ۱۳۶۲، ج ۳: ۴۶).
۳. شیوه ترسیم گره شمس و چهار سلی مربع‌دار: زوایای مربع ABCD با چهار خط به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌شود. از نقطه E، وسط AD، به نقطه F، وسط CD، وصل می‌شود. این خط در نقطه G خط اول و در نقطه H خط سوم زاویه D را قطع می‌کند. از G خطی به موازات CD و از H خطی به موازات AD رسم می‌شود. به همین منوال در سایر گوشه‌ها نیز خطوط تکمیل شده و واگیره نقش به دست می‌آید. می‌توان آن را به روش قرینه محوری گسترش داد (همان، ج ۲: ۵۷).
۴. شیوه ترسیم گره کند سرمه‌دان قناس کوچک: برای رسم گره سرمه‌دان قناس کوچک مشابه آنچه در رسم گره کند دو پنج توضیح داده شده است عمل می‌شود. خط‌گیر دوم، خط‌گیر اول زاویه مقابل را قطع می‌کند. خطی که از وسط خط‌گیر دوم به موازات طول زمینه رسم می‌شود خط رمز است (لرزاده، ۱۳۸۹: ۱۴۹).
۵. شیوه ترسیم گره کند سرمه‌دان رو آلت: پاره خط AB به اندازه دلخواه انتخاب و از دو سر آن خطوطی به صورت عمود رسم می‌شود تا زوایای ۹۰ درجه A و B تشکیل شوند. این زوایا به پنج قسمت مساوی تقسیم و خطوط آن رسم می‌شود. کماتی به مرکز B و شعاع E (BE وسط AB است) رسم می‌شود که خط دوم زاویه B را در F و خط چهارم آن را در G قطع می‌کند. از نقطه F دو خط یکی به موازات ضلع AB و دیگری به موازات خط چهارم زاویه B. رسم می‌شود. این خط با خط اول زاویه B در O و با عمودمنصف در H تلاقی می‌کند. از H خطی به موازات AB ترسیم می‌شود که در نقاط C و D با اضلاع زوایای O و B برخورد می‌کند و به این ترتیب مربع مستطیل ABCD به دست می‌آید. سپس از ابه K (محل تقاطع خطوط چهارم زوایای A و B) وصل شده و از دو طرف امتداد می‌یابد. اکنون از نقطه G دو خط یکی به موازات خط دوم B که در نقطه L با ضلع CD تلاقی می‌کند و دیگری به موازات خط اول زاویه A رسم می‌شود. از نقطه L خطی به موازات خط سوم زاویه A ترسیم می‌شود. خطوطی که در زاویه B ترسیم شد در زاویه A تکرار می‌شود. شکل کامل می‌شود و می‌توان آن را به روش قرینه محوری گسترش داد

(ماهرالنقش، ۱۳۶۲، ج ۳: ۷۰)

۶. شیوه ترسیم گره گل صابونکی: مربع به طول ضلع دلخواه ترسیم و هریک از اضلاع آن به پنج قسمت مساوی تقسیم می‌شود شبکه شطرنجی درون طرح براساس این تقسیم‌بندی ترسیم می‌شود. بخش‌هایی از خطوط مطابق طرح پیرنگ شده که تشکیل‌دهنده واگیره است. شکل کامل از طریق تکرار واگیره حاصل می‌شود. (همان، ج ۵: ۹۴)

۷. شیوه ترسیم گره پیلی و مربع: اضلاع مربع به هشت قسمت مساوی تقسیم و نقاط تقسیم اضلاع مجاور به هم وصل می‌شود تا مربع به زمینۀ شطرنجی مربع قناس با زاویۀ ۴۵ درجه تبدیل شود. خطوط پیرنگ شکل نشان‌دهندۀ واگیره هستند. این نقش به روش دوران قابل گسترش است (همان، ج ۲: ۱۱۶)

لازم به ذکر است کلیه ترسیمات توسط نگارندگان با نرم‌افزار ترسیمی اتوکد ۲۰۱۲ رسم شده‌اند.

فهرست منابع

- آیت اللهی، حبیب الله. ۱۳۸۳. هنر اسلامی. بیناب، (۷): ۲۳۱-۲۲۳.
- بمانیان، محمدرضا. ۱۳۹۰. کاربرد هندسه و تناسبات در معماری. تهران: نشر هله.
- بوزجانی، ابوالوفاء محمدین محمد. ۱۳۸۳. هندسه ایرانی؛ کاربرد هندسه در عمل. ت: علیرضا جذبی. تهران: انتشارات سروش.
- پوپ، آرتور اپهام. ۱۳۸۰. شاهکارهای هنر ایران. ت: پرویز نائل خانلری. تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.
- جنسن. ۱۳۸۸. تاریخ هنر. ت: فرزانه سجودی. تهران: انتشارات فرهنگسرای میردشتی.
- حاجی قاسمی، کامبیز. ۱۳۸۳. مساجد. تهران: انتشارات روزنه.
- رییس‌زاده، مهناز و مفید، حسین. ۱۳۷۴. احیای هنرهای از یاد رفته، به روایت حسین لرزاده. تهران: انتشارات مولا.
- رفیعی مهربادی، ابوالقاسم. ۱۳۵۲. آثار ملی اصفهان. تهران: انجمن آثار ملی.
- شعرباف، اصغر. ۱۳۸۵. گره و کاربردی. تهران: انتشارات سبحان نور.
- فارابی، ابوالنصر محمد. ۱۳۸۱. احصاء العلوم. تهران: علمی و فرهنگی.
- فرشته نژاد، مرتضی. ۱۳۹۱. گره‌سازی و گره‌چینی در هنر معماری ایران. تهران: انتشارات انجمن آثار ملی.
- کاشانی، غیاث الدین جمشید. ۱۳۶۶. طاق و ازج. ت: علیرضا جذبی. تهران: انتشارات سروش.
- مولوی، بهزاد. ۱۳۸۱. بررسی کاربرد هندسه در معماری گذشته ایران (دوره اسلامی). تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ماهرالنقش، محمود. ۱۳۶۲. کاشیکاری ایران در دوره اسلامی. ج ۲ و ۳ و ۵. تهران: انتشارات موزه رضا عباسی.
- نجیب اوغلو، گلرو. ۱۳۷۹. هندسه و تزیین در معماری اسلامی. ت: مهرداد قیومی بیدهندی. تهران: انتشارات روزنه.
- نوایی، کامبیز و حاجی قاسمی، کامبیز. ۱۳۹۰. خشت و خیال. تهران: انتشارات سروش.
- هنرفر، لطف الله. ۱۳۵۰. گنجینه آثار تاریخی اصفهان. چاپ دوم. تهران: انتشارات کوروش کبیر.

References list

- Bonner, J. (2012). Creating Non-Systematic Islamic Geometric Patterns With Complex Combinations of Star Forms. Available from: http://bridgesmathart.org/2012/cdrom/proceedings/80/paper_80.pdf.
- Broug, E. (2015). <http://www.broug.com/education>. Accessed at 20 March 2015.
- Embi, M. R., Abdullahi, Y. (2012). Evolution of Islamic Geometrical Patterns. *GJAT*, (2): 27-38.
- Kaplan, C. S., H Salesin, D. H. (2004). Islamic Star Patterns in Absolute Geometry. *ACM Transactions on Graphics*, 23 (2): 97-119.
- Lee, A. J. (1995). Islamic star patterns. *Muqarnas*, (4): 182-197.
- The Metropolitan Museum of Art. (2004). *Islamic Art and Geometric Design*. New York: The Metropolitan Museum of Art.
- Rogers, E. (2008). *Islamic Mathematics*. Urbana, IL: University of Illinois at Urbana Champaign.
- Webster, Ph. (2013). Fractal Islamic Geometric Patterns Based on Arrangements of $\{n/2\}$ Stars. *Proceedings of Bridges; Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture*. 15th Annual Bridges Conference at Towson University Towson, Maryland, USA, 2012.
- Sarhangi, R. (2008). Modules and Modularity in Mosaic Patterns. *The Journal of the Symmetrion (Symmetry: Culture and Science)*, 19 (2-3): 153-163.