

Reproduction and Application of the Geometric Pattern of Girih in Contemporary Monuments of Iran*

Abstract

Problem Statement: The present study examines the use of the geometric pattern of girih in the design of contemporary monuments across Iran. By employing a geometrical approach, this study analyzes how traditional girih patterns are used in contemporary designs through Salinger's pattern theory. It also explores the creation of new girih patterns based on the structure of traditional girih through geometric transformation in specific case examples. The key research questions are: 1. How have geometric girih patterns been used in the contemporary monuments of Iran during the 1930s and 1940s?, 2. What is the role of girih in forming structuring patterns and shaping the form of memories?, 3. How does the flow of girih geometry transform from traditional to contemporary? **Research Methodology:** This study presents a method for analyzing, transforming, and reproducing the geometry of traditional patterns. This method is implemented using a mathematical-geometrical model. The paper explores the geometry of Iranian girih as a bridge connecting contemporary architecture and historical architecture. It begins by analyzing the girih pattern and its fundamental unit, then examines how the geometric pattern of Iranian girih is used as a structuring and aesthetic concept in contemporary monuments of Iran. Geometric analysis is used to illustrate the metamorphosis of these patterns based on changes in the critical points of the girih. The methodology integrates logical reasoning with case study research. The findings were analyzed through geometric and mathematical analysis, followed by data interpretation using Excel and SPSS software. **Objective:** This study aims to explore how girih patterns were used in contemporary Iranian monuments in the 1940s and 1950s, the geometric techniques employed to modify girih geometry, and how traditional hidden geometry evolved into new forms in practical geometry (building designs and volumes). Another key objective is to investigate the influence of the geometric pattern of girih on the structure and arrangement of contemporary monument forms. **Research Background:** Theorists such as Ardalan, Bakhtiar, Burkhardt, and Nasr have addressed Islamic geometric decorations from a philosophical perspective, while Cromwell and Critchlow have examined them from mathematical and geometric viewpoints (Khwarazmi, 2012: 14). In terms of domestic research, the literature on Islamic girih patterns focuses on the principles of drawing traditional girih, particularly in discussions of their geometric

Received: 22 Oct 2023

Received in revised form: 13 Dec 2023

Accepted: 10 Mar 2024

Mahsa Rezazadeh1**  (Corresponding Author)

Faculty Member of Department of Architecture, Toos Institute of Higher Education, Mashhad, Iran. E-mail: rezazade@toos.ac.ir

Hamed Kamelnia² 

Associate Professor, Department of architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: kamelnia@um.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22059/jfaup.2025.383550.673011>

Conclusion: Based on the results of this research, it is possible to contemporize the pattern of geometric girih. This study demonstrates how the hidden geometry of traditional patterns serves as a connection between the past and present in architecture. It highlights how changing the fundamental points of the smallest component of the girih (the base unit or sub-girih) can alter the overall geometry while maintaining the structural connection of the components.

Keywords

Hidden Geometry, Girih Pattern, Metamorphosis, Monument

Citation: Rezazadeh, Mahsa; Kamelnia, Hamed (2024). reproduction and application of the geometric pattern of girih in contemporary monuments of iran, *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 29(1), 79-95. (in Persian)



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

*This article is extracted from the first author's doctoral dissertation, entitled: "Designing a cinema-cultural complex (development of the correct model for the use of various drawings in the design process)" under the supervision of the second author at the University of Tehran.

بازتولید و کاربرد الگوی هندسی گره در یادمان‌های معاصر ایران*

چکیده

هندسه یک ابزار ارزشمند به‌منظور خلق فرم در گذشته و حال بوده است؛ امروزه ابزارهای بسیار بیشتری برای بهره‌برداری از هندسه در معماری در اختیار داریم. در حال حاضر به‌منظور درک و استفاده از کالبد‌های معماری گذشته و درک نظم پنهانی آن باید روشی برای آنالیز به کار برده شود که علاوه بر کشف نظم موجود، امکان بازتولید آن نیز فراهم شود. پژوهش

حاضر به‌کارگیری الگوی هندسی گره را در فرم یادمان‌هایی معاصر بررسی می‌کند و با استفاده از رویکرد هندسی، چگونگی کاربرد الگوهای سنتی گره را در فرم‌های معاصر بر اساس نظریه‌ی الگوی سالینگاروس تحلیل و بیان می‌کند، اینکه چطور هندسه‌ی گره‌های ایرانی در یادمان‌هایی معاصر به کار گرفته شدند و از چه تکنیک‌های هندسی برای تغییر هندسه‌ی گره استفاده شده است؛ که در عین استفاده از الگوی سنتی گره (هندسه پنهان)، در هندسه‌ی پیدا (فرم بنا) شکل جدیدی به خود گرفته است. هم‌چنین بررسی تأثیر الگوی هندسی گره بر ساختار و آرایش فرم یادمان‌هایی معاصر از اهداف پژوهش می‌باشد. این مقاله هندسه‌ی گره‌های ایرانی را به‌عنوان عامل اتصال معماری معاصر و معماری گذشته تحلیل می‌کند. روشی که در این فرایند به کار برده می‌شود استدلال منطقی در ترکیب با گونه پژوهش موردی است. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان بر روی معاصر سازی الگوی گره‌های هندسی کار کرد؛ در واقع این پژوهش نشان‌داد چطور هندسه پنهان الگوهای سنتی، عامل ارتباط گذشته و حال در معماری می‌شود. این تحقیق، راه کارهای طراحی در رابطه با خلق مجدد بر اساس ساختار تشکیل دهنده الگوی گره به‌وسیله‌ی دگردیسی هندسی، ارائه می‌دهد.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

مهسا رضازاده^۱ (نویسنده مسئول): عضو هیأت علمی گروه معماری، مؤسسه آموزش عالی توس، مشهد، ایران.
E-mail: rezazade@toos.ac.ir

حامد کامل‌نیا^۲: دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
E-mail: kamelnia@um.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22059/jfaup.2025.383550.673011>

واژه‌های کلیدی

هندسه‌ی پنهان، الگوی گره، واحد پایه، دگردیسی، یادمان

استناد: رضازاده، مهسا؛ کامل‌نیا، حامد (۱۴۰۳)، بازتولید و کاربرد الگوی هندسی گره در یادمان‌های معاصر ایران، نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۹(۱)، ۷۹-۹۵.

مقدمه

ایجاد یک معماری جدید که یادآور معماری ایرانی و هم‌زمان پاسخگوی زمان معاصر باشد از دغدغه‌های معماران معاصر ایران می‌باشد. اینکه چگونه یک معماری پاسخگوی نیازهای زمان خودش باشد و در عین حال به فرهنگ و تاریخ خود نیز پاسخ بگوید سؤال خوبی است. در استفاده از تکنیک‌های گذشته در معماری روش‌های مشخص و معینی تعریف نمی‌شود، معمولاً خلاقیت معمار، فرم و تکنیک به کارگیری گذشته را در کالبد جدید معماری ارائه می‌کند.

ارنست گمبریچ^۱ در کتاب حس نظم در رابطه با ترس از خلأ (خالی ماندن)، انگیزه‌ی طراح را برای پرکردن هر فضای خالی با طراحی الگوهای پیچیده، مورد پرسش قرار می‌دهد (رضازاده، اعتصام، کامل نیا، خوشنویس، ۱۳۹۹، ۳)، او ادعا می‌کند معماران سنتی برای پر کردن فضا از تزیینات استفاده می‌کردند که این مراحل با یک فریم یا به نوع مرز از پیش تعیین شده به کار می‌رفته است (همان: ۳)؛ اما معماران ایرانی به جای استفاده از این رویکرد دکوراتیو کردن و پر کردن تدریجی یک الگو در یک محدوده‌ی از پیش تعیین شده، پیشنهاد یک رابطه‌ی متفاوت بین بافت، ساختار و توده داده‌اند (Rietherand and Baerlecken, 2012، 2) که این پیشنهاد دستگاه هندسی گره هست؛ این دستگاه هندسی ارزشمند مورد استفاده معماران متبحر معاصر نیز بوده است و از کیفیت این الگوی هندسی در بناها بسیار بهره برده‌اند.

گره‌ها می‌توانند در درون خود بپیچند و ادامه یابند؛ این موضوع ممکن است نشان دهد که یک نقش فقط به‌مثابه بافت برای نما استفاده نمی‌شود بلکه طرح کلی پلان و نما خودش رد پای نقش در مقیاس خیلی بزرگ‌تر هست (رضازاده، اعتصام، کامل نیا و خوشنویس، ۱۳۹۹)، به این معنی که در فرایند شکل‌گیری بنا، الگوی نقش در هندسه‌ی پنهان و دو بُعدی شکل می‌گرفته و در قدم بعدی توده و فضا بر اساس این هندسه‌ی پنهان در هندسه‌ی پیدای سه بُعدی آشکار می‌شدند؛ به‌صورتی که پلان‌های پایه و نماها از منطق و هندسه‌ی پنهان نقش و گره حاصل شده‌اند و سپس در بعدهای افقی و عمودی به‌منظور خلق توده و فضا، اکسترود شده‌اند (همان، ۹)؛ همین تکنیک در طراحی یادمان‌هایی معاصر ایران نیز به کار رفته است که در ادامه بحث خواهیم کرد.

پرسش‌های پژوهش

الگوی هندسی گره از چه طریقی در یادمان‌هایی معاصر ایران در دهه‌ی سی و چهل شمسی جاری شده است؟
 گره چه نقشی در شکل‌گیری الگوهای ساختار دهنده و آرایش دهنده‌ی فرم یادمان‌ها دارد؟
 چگونه شکل جاری شدن هندسه گره و فرایند دگردیسی از شکل سنتی به معاصر؟

روش پژوهش

در پژوهش حاضر آنالیز دگردیسی الگوهای هندسی سنتی گره با استفاده از تحلیل هندسی ارائه شده است. این روش چگونگی استفاده از هندسه سنتی در المان‌های معاصر را بررسی می‌کند و در نهایت عملیات دگردیسی را بر اساس تغییر کوچک‌ترین جز گره (واحد پایه) تحلیل می‌کند؛ و بر اساس نظریه‌ی الگوی سالینگاروس کاربرد الگوی هندسی

گره را در یادمان‌هایی معاصر تحلیل می‌کند.

راهبرد پژوهش حاضر، استدلال منطقی در ترکیب با گونه‌ی پژوهش موردی است. استدلال منطقی نوعی شناسایی و درک فرایند حرکتی است، حرکت از شناخت مقدمات و تعاریف به سمت نتیجه؛ از خصوصیات این حرکت می‌توان به فرایند مرحله‌ای اشاره کرد که پیوستگی و تغییر تدریجی از خصوصیات اصلی آن است (رضازاده، اعتصام، کامل نیا و خوشنویس، ۱۳۹۹، ۷). از طرف دیگر، استدلال منطقی اساساً فرایندی رابطه‌ای است، به این معنی که ذهن، حرکت پیوسته‌ی خود را از مقدمات به سمت نتایج، از طریق برقراری ارتباط بین دانسته‌های قبلی خود میسر می‌سازد؛ به عبارت دیگر برقراری رابطه، منشأ حرکت کلی در فرایند استدلال منطقی است (همان، ۷). گروت و وانگ در کتاب روش‌های تحقیق در معماری اجزای اصلی راهبرد استدلال منطقی را بر اساس سه مرحله بیان می‌کنند که در ادامه، فرایند تحقیق بر اساس آن شرح داده شده است:

۱. تعریف: سامانه‌های اولیه به دلیل بدیع بودن و جایگاه الگوواره‌ای، فهرستی از واژه‌های فنی را معرفی می‌کنند (همان، ۷). در این پژوهش نیز ابتدا به شناخت فنی کلیدواژه‌ها بر اساس دیدگاه‌های موجود پرداخته شده است و تعاریف و واژگان تخصصی مورد نیاز استخراج شدند، سپس نگارندگان بر اساس شکل و محتوی پژوهش، تعاریف و واژگان را معرفی و بازتعریف کرده‌اند. مفاهیمی از قبیل هندسه‌ی پیدای پنهان گره، سلول، واحد پایه و مفهوم دگردیسی هندسی که در ادامه بیان شده است.

۲. رابطه: پس از شفاف ساختن تعاریف فنی، چارچوبی سیستماتیک از رابطه بین گزاره‌ها، مسیر طولانی دستیابی به سامانه‌ی منطقی را هموار می‌کند (گروت و وانگ، ۱۳۸۴، ۳۲۲). ابتدا بر روی آنالیز و کشف اجزا بنیادین الگوی هندسه‌ی گره پرداخته می‌شود، سپس بازتولید و خلق الگوی هندسه‌ی جدید بر اساس هندسه‌ی پنهان گره سنتی تحلیل می‌شود. در این قسمت با استفاده از مدل‌های ترسیمی و هندسی به کشف فرایند تغییر هندسی الگوی گره بر اساس تغییر کوچک‌ترین جز گره در نمونه‌ی موردی پرداخته می‌شود. در این بخش به تحلیل دقیق هندسی مصداق‌ها بر اساس روش‌های ترسیمی و دستگاه‌های هندسی پرداخته شده است.

۳. بیان: در این مرحله به کمک تدابیری از قبیل مدل‌های فنی، دستگاه‌های ریاضی و یا دیاگرام‌های مفهومی، انتقال مفاهیم صورت می‌گیرد. در این بخش نتایج یافته‌های پژوهش با نرم‌افزار تبدیل به نمودارها و دیاگرام‌های مفهومی شده است. تحلیل یافته‌ها در بخش اول توسط تحلیل‌های هندسی و ریاضی و در بخش دوم با استفاده از نرم‌افزار اکسل و SPSS صورت گرفته است.

پیشینه پژوهش

در زمینه‌ی تزیینات هندسی اسلامی، نظریه‌پردازهایی چون اردلان، بختیار، بورکهارت و نصر از جنبه‌ی ماورای طبیعی به موضوع پرداخته‌اند و از بعد ریاضی و هندسی می‌توان به کرومول و کریچلو اشاره کرد (خوارزمی، ۱۳۹۲، ۱۴). در مورد پژوهش‌های داخلی، در منابع چاپ شده در باب گره‌های اسلامی، بررسی‌های انجام شده به اصول ترسیم سنتی گره پرداخته‌اند که در بحث شناخت هندسی گره بسیار مفید است، مانند کتاب‌هایی چون طرح و اجرای نقش در کاشی‌کاری ایران دوره‌ی اسلامی

حاصل نگردیده است.

هم‌چنین در مقالات بین‌المللی می‌توان به مقاله‌ی «تناسبات هندسی: ساختار فرایند طراحی برای الگوهای معماری اسلامی (گره)» اشاره کرد در این مقاله، دابور (۲۰۱۲) به فرایند تحلیل هندسه‌ی پنهان و ایده‌هایی که الگوهای گره از طبیعت گرفته است می‌پردازد. ابراهیمی و علی‌آبادی (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با عنوان «نقش ریاضیات و هندسه در شکل‌گیری معماری ایرانی» تأثیر الگوی گره بر ساختار شکل‌دهنده‌ی معماری بررسی می‌شود. مامون سکال (۲۰۱۸) در مقاله‌ی «مربع‌های متقاطع: هندسه‌ی کاربردی در معماری» فرایند تحلیل جالبی از الگوهای هندسی ارائه می‌دهد که در مطالعات و پژوهش‌های هندسی کاربرد دارد. هم‌چنین باریوس و الانی (۲۰۱۵) در مقاله‌ی «آنالیز پارامتریک طرح‌های هندسی اسلامی» روی تحلیل پارامتریک الگوهای هندسی گره‌های اسلامی به‌وسیله‌ی ایزوله کردن سلول گره کار کرده‌اند. مهدوی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۳) کاربردهای الگوهای گره را در بستر مورد تحلیل قرار دادند، جدول (۱).



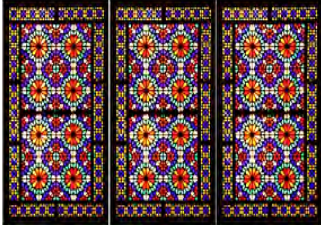



مبانی نظری پژوهش

با توجه به اینکه، در سرزمینی زیست می‌کنیم که معماری کهن و بسیار ارزشمندی دارد، در نتیجه شناخت، کشف و معاصرسازی الگوهای معماری ایرانی می‌تواند برای معماران ایرانی شروع مسیری باشد که مشابه هم‌تایان خود در گذشته شاهکارهای ماندگاری خلق کنند. در این میان الگوهای هندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به‌منظور درک، کشف و تحلیل روابط بین هندسه و معماری، یک روش دقیق ارائه، لازم است؛ چراکه دستگاه‌های هندسی چه در فرم سه‌بُعدی و پیدای معماری

(ماهرالنقش، ۱۳۶۱)، گره چینی در معماری اسلامی و هنرهای دستی (زمرشیدی، ۱۳۶۵) و گره و کاربندی (شعرباف، ۱۳۸۵) که از نمونه‌های ارزشمند داخلی در زمینه‌ی گره هستند. در نمونه‌های خارجی می‌توان به کتاب نجیب‌آغلو (۱۹۹۶) با عنوان هندسه و تزئین در معماری اسلامی اشاره کرد. کتاب هندسه و نقوش اسلامی (نقش‌های هندسی در هنر اسلامی) اثر عصام سعید و عایشه پارمان نیز پرداخت خوبی به موضوع داشته‌اند. در مقالات داخلی که در باب گره‌های اسلامی کار شده‌اند، گروه محدودتری، به شکل معاصر گره در بنا اشاره کرده‌اند که می‌توان به چند نمونه اشاره کرد. نوربان و کسرای (۱۳۹۵) در مقاله «مقایسه گره‌های سنتی و الگوهای معاصر اسلامی با تمرکز بر کاربرد در معماری معاصر»، با بررسی جمله روش‌های سنتی و معاصر طراحی گره‌های هندسی به این نتیجه می‌رسند که میان روش‌های سنتی و پژوهش‌های معاصر تفاوت‌هایی در رویکرد و روش طراحی وجود دارد. روش‌های سنتی طراحی گره‌های هندسی در تفاوتی عمده با یافته‌های پژوهشگران غربی بر هندسه و ویژگی‌های بستر طراحی گره تکیه دارند. این گره‌ها با به‌کارگیری اصول دستگردانی از سوی معمار سنتی، به‌صورت چندزمینه و در تناسب با شکل هندسه بستر طراحی می‌شوند.

منتظر و سلطان‌زاده (۱۳۹۷) در مقاله‌ی «بازتاب نقش پنج‌ضلعی منتظم در نقوش هندسی معماری اسلامی ایران» به تأثیر شکل‌های خاص در واحد پایه‌ی گره می‌پردازد؛ و نیز حیاتی (۱۳۹۵) در مقاله‌ی «بررسی ویژگی‌های هندسی گره در معماری اسلامی» نتیجه‌گیری می‌کند که ویژگی‌های هندسی گره‌ها، قابل قیاس با ویژگی‌های هندسه‌ی فرکتال است که این ویژگی‌ها در هندسه‌ی تزئین‌های اسلامی به‌صورت تصادفی

جدول ۱. کاربردهای الگوی گره در بناهای سنتی. مأخذ: (Ranjazmay Azari, Bemanian, & Mahdavinjad, 2023)

کاربرد	مکان	نمونه‌ها	نمونه‌ها
زیبایی‌شناسی	دیوار / سقف: مقرنس، یزدی بندی		
پایداری	ورودی، پنجره، جداکننده‌ها: ارسی		
سازه‌ای	کاربندی، گنبد، مقرنس		

در تحلیل پیش رو منظور از الگوهای ساختار دهنده، نظم کلی و غالباً پنهانی است که هماهنگ‌کننده‌ی کل اجزا بنا با هم است که مصداق آن در نمونه‌های موردی، هندسه پنهان و پیدای سه‌بُعدی در ساختار اصلی پلان و ساختار کلی حجم و توده‌ی بنا، مدنظر است. در واقع هندسه و نظم اصلی که ساختار توده را شکل می‌دهد (هندسه پنهان و پیدای پلان و فرم و حجم بنا).

الگوهای آرایش دهنده و الگوهایی که ساختارها را می‌آریند در معماری ایرانی دریایی بی‌کران است. در این نوشتار، الگوهای آرایش دهنده، هندسه‌ی پیدا و پنهان دو‌بُعدی گره‌های ایرانی (دستگاه هندسی و حسابی تزیینات) در نظر گرفته شده است: (بافت و الگوهای شکلی). در معماری سنتی دستگاه هندسی و حسابی گره‌ها در هر سه مقیاس در طیف الگوها، در بنا کاربرد داشته‌اند.

در جدول (۲) کاربرد الگوی گره بر اساس سه طیف الگوها، در بناهای سنتی نشان داده شده است؛ مقیاس اول الگوی هندسی گره در نقش ساختار دهنده است، زمانی که گره در نقش سازه‌ای و شکل‌دهنده اصلی فضا به کار برده شده است در این نقش نما و سازه از هم جدا نیستند. مقیاس دوم، گره در نقش الگوهایی که سقف، عناصر سازه‌ای و فرم اصلی را آرایش می‌دهند به کار رفته است. در طیف اول و دوم، الگوهای هندسی گره در هندسه‌ی سه‌بُعدی بسیار تأثیرگذار بوده‌اند. زمانی که گره فقط به صورت دو‌بُعدی و فقط در نقش آرایش دهنده در بنا جاری می‌شود در مقیاس سوم الگوها قرار می‌گیرد.

این پژوهش با استفاده از نظریه سالینگروس در باب الگوها، کاربرد الگوی هندسی گره را در هندسه پنهان و پیدای یادمان‌هایی معاصر تحلیل می‌کند؛ و به این موضوع می‌پردازد که الگوی هندسی گره در نظریه الگوها در چه طیفی قرار می‌گیرد، آیا الگوی هندسی گره در بناهای معاصر مانند معماری سنتی می‌تواند در سه طیف الگوها کاربرد داشته باشد؟

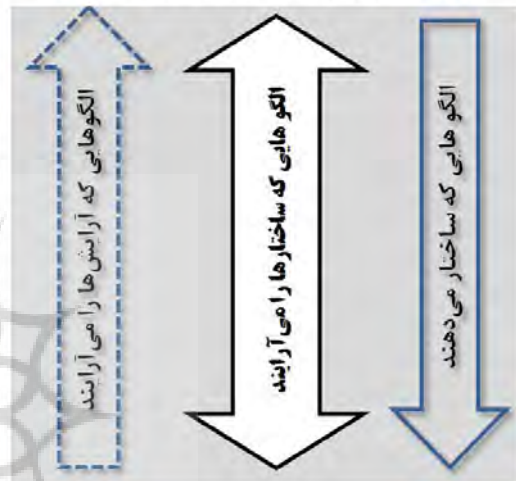
جدول ۲. کاربرد گره در بناهای سنتی با در نظر گرفتن مقیاسی که گره در طیف الگوها داشته است.

الگوهایی که ساختار می‌دهند	الگوهایی که ساختارها را می‌آریند	الگوهایی که آرایش را می‌آریند
مسجد جامع یزد	تیمچه امین‌الدوله بازار کاشان	تیمچه مظفریه بازار تبریز

و چه در دو‌بُعدی و پنهان، عنصر سامان دهنده و نظم‌دهنده در معماری ایرانی هستند. این پژوهش در بین دستگاه‌های هندسی معماری ایرانی به الگوی هندسی گره‌های اسلامی و چگونگی بازتولید این الگو در یادمان‌هایی معاصر می‌پردازد.

در تصویر (۱) ارتباط کلی الگوها نشان داده شده است. در این تصویر، الگوهای ساختار ساز وجود دارند که در ابتدای طیف الگوها قرار می‌گیرند، سپس الگوهای با مقیاس کوچک‌تر و اعتباری‌تر که اجزای این ساختارها محسوب می‌شوند و پس از آن الگوهایی که در انتهای طیف این اجزا قرار دارند و ساختار الگوهای بزرگ‌تر از خود را می‌آریند، جای گرفته‌اند (رضازاده، ۱۳۹۹)

الگوهای حقیقی ساختار دهنده، و الگوهای اعتباری آرایش‌کننده‌اند



تصویر ۱. نمودار کلی ساختار و ارتباط الگوها با یکدیگر و وزن قرارگیری آن‌ها در طیف الگوها. مأخذ: (سالینگروس، ۱۳۸۷، ۹۰)

می‌نامیم؛ با توجه به مکانی که این هندسه در بنا جاری می‌شود، پیدای دو بُعدی و یا پیدای سه بُعدی شکل می‌گیرد (تصاویر ۲، ۳).

واگیره (سلول): کوچک‌ترین جزء قابل تکرار هر گره است که در یک چارچوب مشخص به روشی معین ترسیم می‌شود (رضازاده، اعتصام، کامل‌نیا و خوشنویس، ۱۳۹۹، ۵). واگیره به‌تنهایی در اجرای گره به کار نمی‌رود، بلکه پس از تکرار در جهت‌های خاص، گره نمایان می‌شود؛ در پژوهش‌های معاصر به این جز از گره، سلول گره نیز می‌گویند.

زمینه گره: قسمتی از گره است که از تکرار سلول گره حاصل می‌شود و همه‌ی ویژگی‌های گره در آن آشکار است. (همان، ۲۰) واحد کل گره را، هم می‌توان به‌تنهایی در اجرای گره به کار گرفت و هم در چارچوب وسیع گسترش داد (تصویر ۴).

واحد پایه‌ی گره (آلت گره): عبارت است از هر واحد از مجموع نقوش و شکل‌های هندسی که در یک سلول قرار گرفته باشند؛ لذا واحد کار در گره چینی و گره‌سازی را آلت گره می‌گویند. در واقع آلت، کوچک‌ترین جز هندسی گره است.

زمانی که این عناصر (تشکیل‌دهنده‌ی گره) تغییر داده می‌شوند خلق الگوی جدید امکان‌پذیر می‌شود، تغییرات با تغییر هندسه‌ی سلول (واگیره) و یا ساختار کلی الگو (واحد) می‌تواند ایجاد شود. تمرکز این پژوهش بر تغییرات واحد پایه (آلت گره) هست.

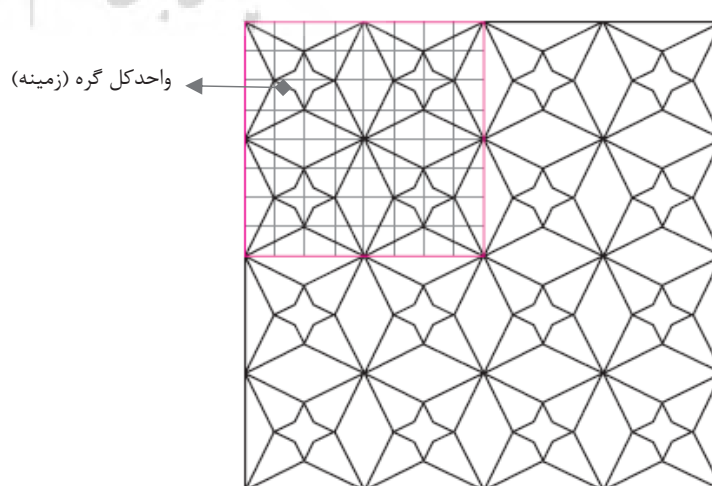
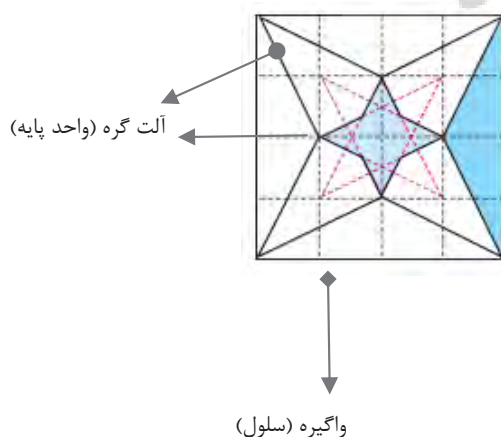
شناخت و تحلیل واحد پایه (آلت): در بسیاری از نمونه‌های گره امکان بررسی الگوی هندسی سلول‌ها و یافتن تقارن هندسی سلول وجود دارد؛ در فرایند تجزیه سلول به واحدهای کوچک‌تر تا زمانی که به قسمت نامتقارن (غیر قابل تکرار) دست پیدا کنیم، واحد پایه به دست می‌آید. واحد پایه در سلول، گروهی از عناصر و اشکال هندسی با اجزا غیر قابل تکرار هستند (Alani, 2015, 2). تصویر (۵) یک سلول و استخراج جزء نامتقارن هندسی (واحد پایه) را نشان می‌دهد. در اصول و مبانی هندسی الگوهای گره، کوچک‌ترین موتیوی که قابل دستیابی با تقارن نیست را واحد پایه می‌نامند، به طوری که در صورت تکرار با سیستم گره، واحد گره تولید نمی‌شود به این معنا که وقتی واحد پایه تکرار می‌شود زمینه‌ی

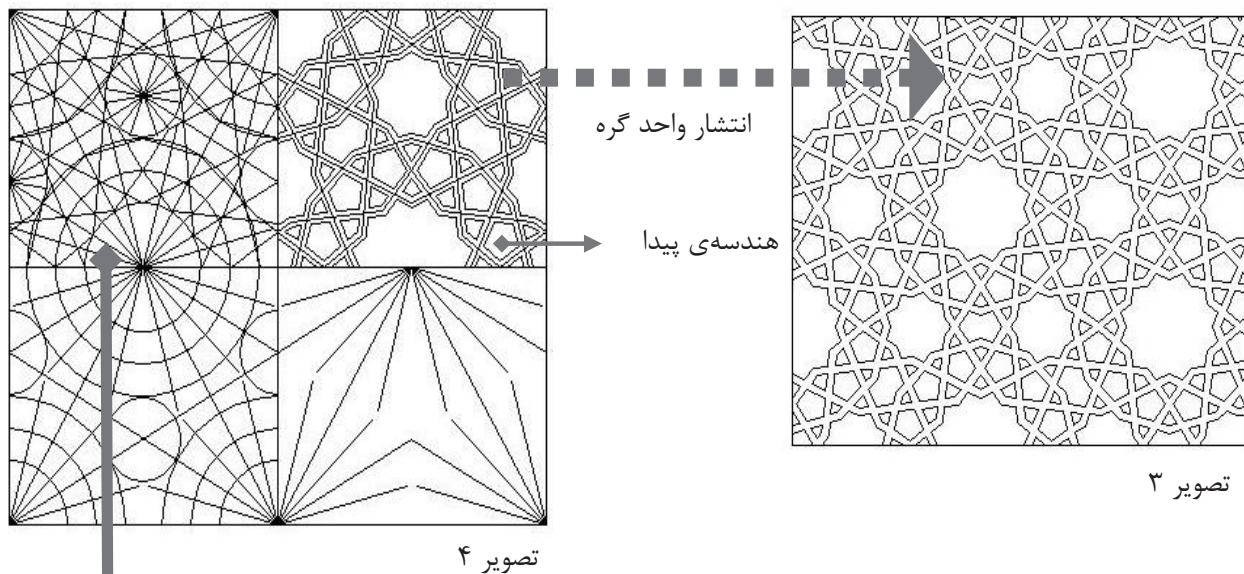
تحقیقات زیادی در باب این سؤال که چطور هم‌زمان الگوهای سنتی و جدید گره را در یک بنا خلق کنیم به شکلی که هم یادآور شکل سنتی معماری باشد و هم زیبایی‌شناسی جدید را ارائه کند، انجام نگرفته است؛ این پژوهش، هندسه را به‌عنوان یکی از ابزار اتصال معماری قدیم و جدید بررسی می‌کند و به فرایند چگونگی تغییر الگوی هندسی گره می‌پردازد؛ در واقع چگونگی بازتولید الگوی هندسی گره به شکل معاصر، مسئله‌ی پژوهش حاضر است. در بحث پیش رو از لایه‌های پنهان هندسی به‌منظور درک فرایند تغییر الگوی گره بر اساس اجزا و عوامل گره کمک گرفته شده است این فرایند تدریجی تغییر را در این بحث، دگرذیسی هندسی گره نام‌گذاری کردیم. در این مقاله به عوامل معنایی و مفاهیم فلسفی گره و یادمان پرداخته نشده است؛ بلکه به چگونگی استفاده‌ی الگوی هندسی گره در یادمان‌هایی معاصر ایران از جنبه‌ی هندسی و ریاضی پرداخته می‌شود.

بیان مفاهیم

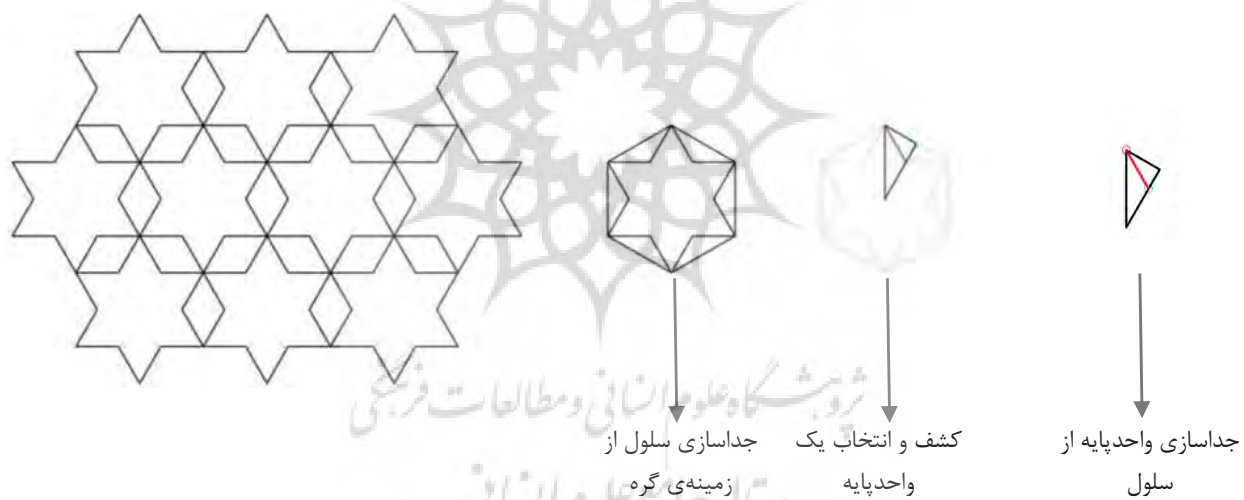
نقش هندسی یا گره: نقش هندسی که اهل فن آن را «گره» می‌نامند، یک شاخه از هنر نقش‌پردازی اسلامی را تشکیل می‌دهد. در بیشتر گره‌ها مرکز، عامل نظم‌دهنده‌ی مهمی است؛ این کیفیت، حاصل دوران آلت‌های گره در دوائر مختلف و سلسله‌مراتب معینی به دور آلت مرکزی یعنی «شمسه» است. آلت‌های گره در عین هماهنگی کامل با یکدیگر دارای شخصیت و استقلال نیز هستند و هر یک نامی دارند که بر طبق آن، شکل، زاویه و نسبت اندازه‌ها در آلت مزبور معلوم می‌شود (نوابی، ۱۳۹۰، ۱۷۶). در یک گره ممکن است شکل یک آلت را، در یک محدوده‌ی وسیع، شامل آلت‌های متعدد مشاهده کنیم (همان، ۱۷۶)؛ این ویژگی، هر جز را به صورت یک کل جلوه‌گر می‌سازد و اصل شباهت جز و کل را در معماری ایرانی، به یاد می‌آورد که این پژوهش در واقع در جستجوی همین ارتباط جز و کل هست؛ جزئی که خود، کل را رقم می‌زند.

گره اقسام دو بُعدی و سه بُعدی دارد که همه از زیرنقش‌های مشابهی (هندسه‌ی پنهان مشترک) به دست می‌آید (رضازاده، اعتصام، کامل‌نیا و خوشنویس، ۱۳۹۹، ۹)؛ بنابراین مقرنس نیز نوعی گره است. (همان، ۹). در این پژوهش زیرنقش‌هایی که به‌منظور رسیدن به نقش اصلی گره ترسیم می‌شوند، هندسه‌ی پنهان و نقش اصلی و نمایان را هندسه‌ی پیدا





تصویر ۳. فرآیند تبدیل هندسه‌ی پنهان به پیدا. مأخذ: (رضازاده، اعتصام، کامل‌نیا و خوشنویس، ۱۳۹۹)



تصویر ۵. ایزوله کردن اجزا هندسی گره: سلول و واحد پایه جدا از بستر گره. مأخذ: (Alani, 2015, 7)

آن به منظور احیا و دوباره ساختن الگوی مربوطه کار کرده‌اند. در این پژوهش این تحلیل را به منظور تحلیل تغییرات الگوی هندسی گره بر روی بناهای معاصر بررسی می‌کنیم. ایزوله کردن هندسی به معنای ترسیم جداگانه هندسه‌ی مورد نظر خارج از زمینه و بستر موجود می‌باشد؛ به طور مثال ایزوله کردن سلول به معنای ترسیم هندسه‌ی سلول جدای از بستر گره هست؛ و ایزوله کردن واحد پایه به معنای ترسیم واحد پایه خارج از سلول تصویر (۶). در ادامه مدل ارائه به منظور ساخت الگوهای هندسی با ویژگی‌های قابل تغییر ترسیم شده است (تصاویر ۶-۸).

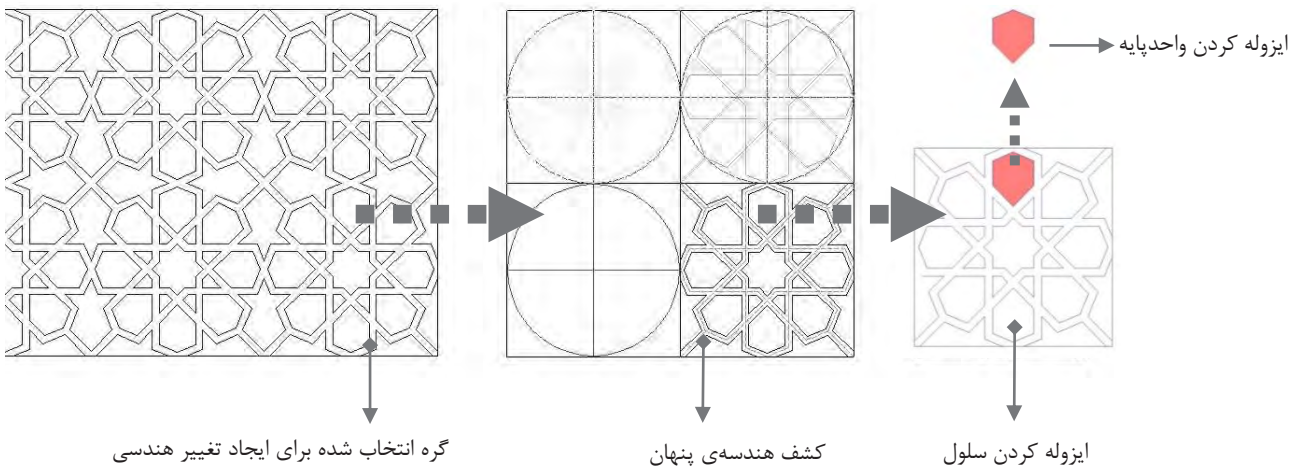
در تصویر (۷) یک نمونه‌ی ساده از جداسازی و تغییر نقاط در واحد پایه نشان داده شده است. در این تصویر رأس‌های شکل آلت گره به منظور تغییر هندسه‌ی واحد پایه به جابه‌جا شدند. در تصویر (۹) نقطه‌ی (a) در

گره به دست نمی‌آید در صورتی که با تکرار سلول گره، زمینه‌ی گره ایجاد می‌شود.

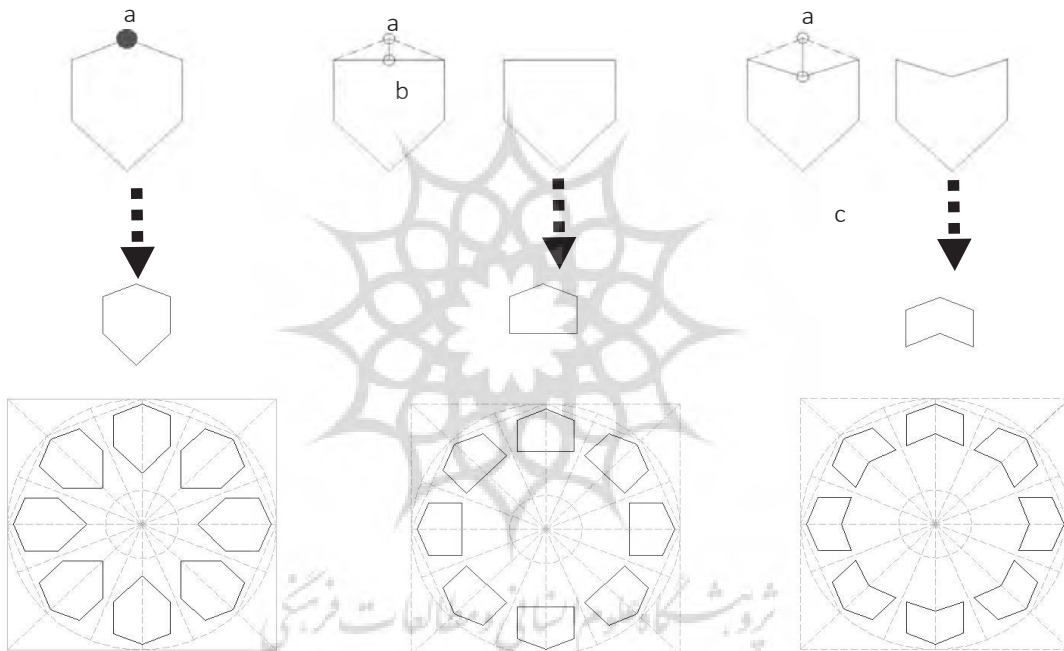
بر اساس تحقیقات انجام شده سلول ناحیه‌ای است همراه با موتیوهایی که برای خلق کل هندسه ممکن است تکرار شوند، در صورتی که واحد پایه، جزئی از یک ترکیب‌بندی هندسی تکرار شده است. تفاوت دو هندسه این است که سلول یک طرح نامحدود خلق می‌کند در حالی که واحد پایه این چنین نیست (همان، ۲)؛ بنابراین بین سلول و واحد پایه از نتایجی که آن‌ها بعد از تکرار خلق می‌کنند تفاوت قابل می‌شویم.

مقدمه‌ای بر چگونگی ایجاد تغییر در الگوی هندسی گره

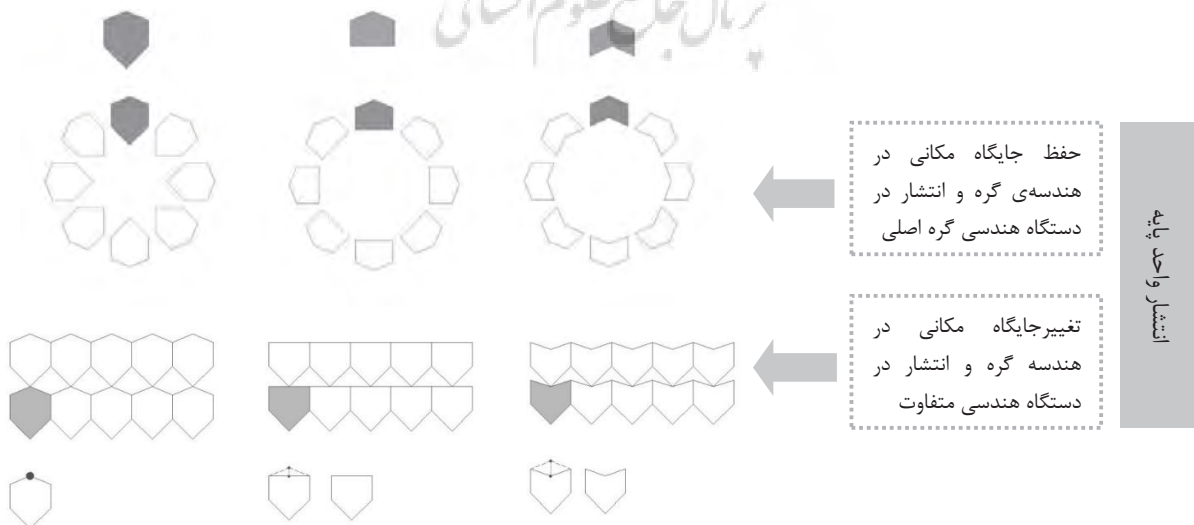
همان‌طور که در پیشینه‌ی پژوهش اشاره شد برخی از محققین بر روی تحلیل هندسه‌ی گره‌های اسلامی به‌وسیله‌ی ایزوله کردن سلول و انتشار



تصویر ۶. فرایند آنالیز و کشف الگوی هندسی گره.



تصویر ۷. فرایند دگردیسی هندسی بر اساس هندسه‌ی پنهان گره اصلی.



تصویر ۸. بازتولید و گسترش الگوی هندسی.



۱۳۱۳ شمسی
آرامگاه فردوسی
معمار: هوشنگ سیحون
مشهد، خراسان رضوی

۱۳۱۴ شمسی
آرامگاه حافظ
معمار: آذره گدار
شیراز، فارس

۱۳۳۱ شمسی
آرامگاه سعدی
معمار: محسن فروغی
شیراز، فارس

۱۳۳۳ شمسی
آرامگاه بوعلی
معمار: هوشنگ سیحون
همدان، همدان

۱۳۴۲ شمسی
آرامگاه خیام
معمار: هوشنگ سیحون
نیشابور، خراسان رضوی



۱۳۴۶ شمسی
آرامگاه صائب تبریزی
معمار: محسن فروغی
اصفهان، اصفهان



۱۳۴۴ شمسی
آرامگاه باباطاهر
معمار: محسن فروغی
همدان، همدان



۱۳۴۲ شمسی
آرامگاه نادر شاه افشار
معمار: هوشنگ سیحون
مشهد، خراسان رضوی



۱۳۴۲ شمسی
آرامگاه کمال الملک
معمار: هوشنگ سیحون
نیشابور، خراسان رضوی

تصویر ۹. نمودار معرفی بنا.

معماری گذشته، به شکل جدیدی جاری شده است (جدول ۳). این بناها، به فراخور تفاوت در جنبه‌ها و عوامل مختلف، قابل تحلیل و بررسی می‌باشند؛ در این پژوهش از منظر چگونگی کاربرد هندسه‌ی گره و تغییر الگوی هندسی مورد بحث قرار می‌گیرند.

تحلیل نمونه‌های موردی پژوهش

ابتدا آنالیز هندسی دو نمونه از یادمان‌ها به تفصیل بیان می‌شوند. در مقبره حافظ گره به شکل سنتی خودش به کار گرفته شده است؛ و در یادمان خیام گره از حالت سنتی خودش خارج شده است و معاصر سازی شده است.

در ادامه، تحلیل‌ها با رسم شکل و نقطه‌یابی هندسی به تفصیل توضیح داده شده است.

مراحل تحلیل هندسی نمونه‌های موردی؛

- تحلیل هندسه‌ی پنهان و ترسیم ساختار تشکیل دهنده گره؛
- زمینه و بستر گره، سلول (واگیره)؛
- ایزوله سازی سلول و واحد پایه گره؛
- تحلیل هندسه‌ی پدیدای دوبعدی و سه‌بُعدی؛
- چگونگی جاری شدن هندسه‌ی پنهان و پیدایش در ساختار و آرایش بنا؛
- بررسی مکان و مقیاس کاربرد الگوی گره در بنا.

آرامگاه حافظ




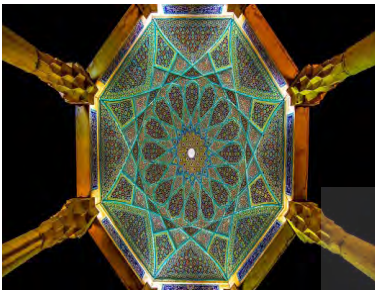
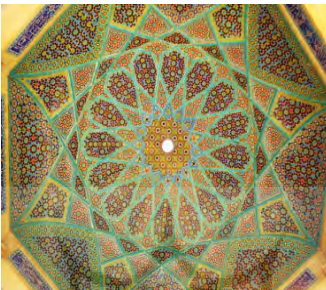

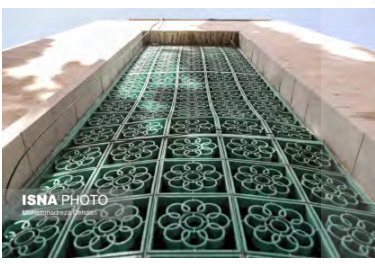
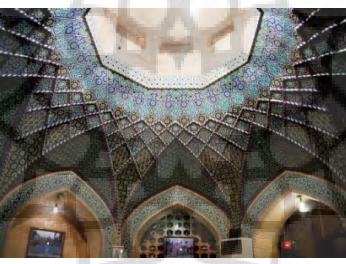




در تصویر (۱۰) هندسه‌ی گره‌ی بکار رفته در سقف ترسیم شده است، هندسه‌ی پنهان و پیدایش ترسیم شده‌اند و آلت‌های گره مشخص شده‌اند.

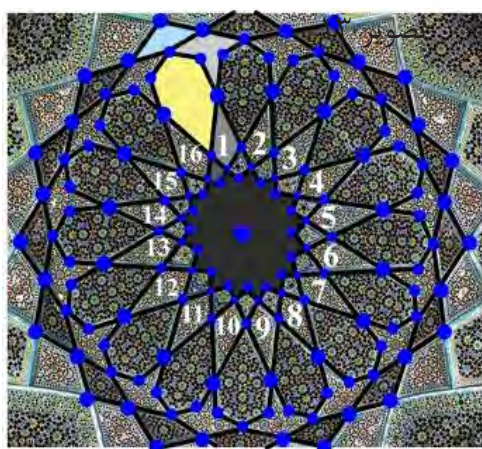
واحد پایه به نقطه‌ی (b) و در نمونه‌ای دیگر به نقطه‌ی (c) انتقال یافته است، با این جابه‌جایی به آلت جدید می‌رسیم و واحد پایه تغییر می‌کند؛ در نهایت هندسه‌ی سلول و طرح کل الگو تغییر می‌کند (ایجاد تغییر در واحد پایه به کل گره انتقال پیدا می‌کند)؛ این تغییر تدریجی را در این پژوهش، دگرذیسی هندسی اطلاق می‌کنیم.

تعریف و شناخت نمونه‌های موردی پژوهش

در دوره‌ی معاصر برای رسیدن به الگو یا مدل طراحی یکی از راه‌های منطقی، تحلیل آثار موفق در ایجاد معماری معاصر با هویت ایرانی است. یادمان گرایی، یکی از گرایش‌های تأثیرگذار در معماری معاصر به شمار می‌رود. معماری یادمانی نوعی از معماری است که آن را اوج طراحی معماری دانسته‌اند (مهدوی‌نژاد، بهرامی، ۱۳۹۳، ۱). در دوره‌ی معاصر معماری ایران نیز یکی از بهترین معماری‌ها در یادمان‌های دهه‌ی سی و چهل شمسی (دوره‌ی پهلوی اول و دوم) بروز کرده است. تمامی یادمان‌های آرامگاهی ایران معاصر در این دهه‌ها زیر نظر و به سفارش «انجمن آثار ملی» طراحی و ساخته شده‌اند (خواججه سعید، بلیان اصل، ۱۴۰۲). این انجمن در دوره‌ی فعالیت خود در حدود ۳۰ یادمان آرامگاهی طراحی و یا مرمت کرده‌اند. نمونه‌های موردی این پژوهش یادمان‌هایی هستند که به‌منظور بزرگداشت شخصیت‌های فرهنگی و ادبی ایران زمین طراحی و ساخته شده‌اند (تصویر، ۹). معیار انتخاب این نمونه‌ها پراکندگی جغرافیایی، پراکندگی در دوره‌ی زمانی مورد نظر پژوهش، در دسترس بودن اسناد و مدارک و موجود بودن منابع معتبر برای بررسی زمینه‌ی طراحی و ساخت این بناهاست. در این یادمان‌ها،

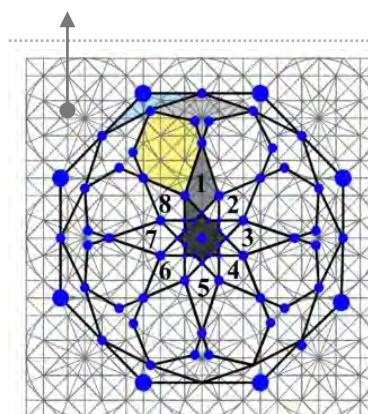
جدول ۳. شناخت نمونه‌های موردی.

بافت، رنگ و شکل آرایه‌ها	هندسه زیر سقف	ساختار کلی حجم	ردیف نام بنا
			۱ باباطاهر
			۲ حافظ
			۳ سعدی
			۴ صائب تبریزی



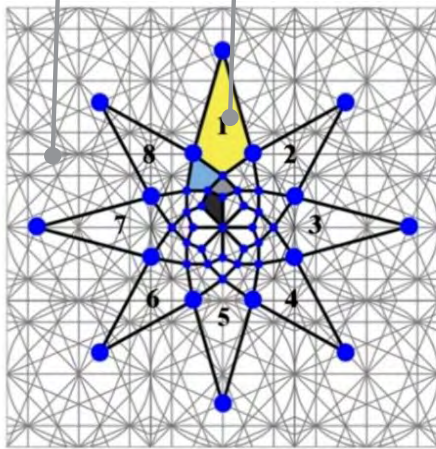
تصویر ۱۱. هندسه پیدا و پنهان زیر سقف.

هندسه پنهان گره اصلی

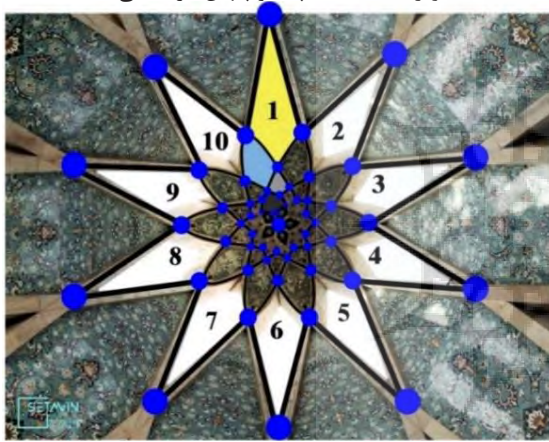


تصویر ۱۰. هندسه پیدا و پنهان الگوی هندسی گره.

یکی از آلت‌های گره (واحد پایه) هندسه پنهان گره اصلی



تصویر ۱۴. هندسه پیدا و پنهان گره اصلی.

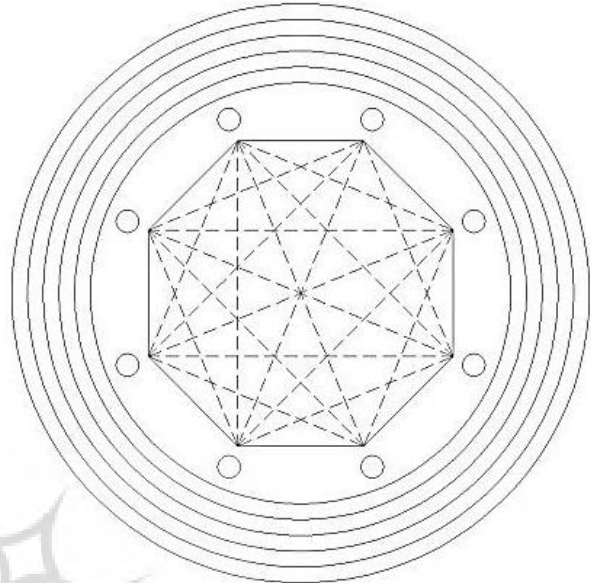


تصویر ۱۵. هندسه پیدا و پنهان زیرسقف آرامگاه و انتخاب واحد پایه که بر اساس این واحد، فرم المان شکل گرفته است.



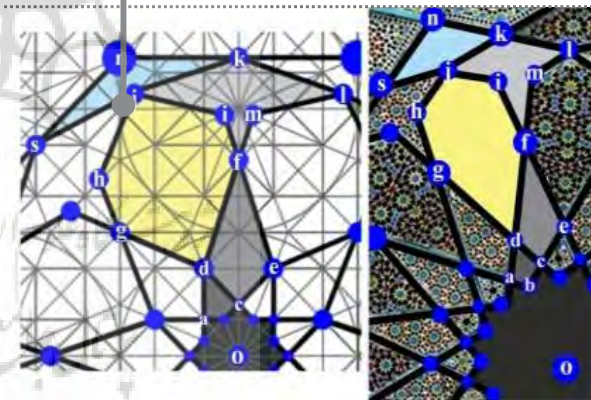
تصویر ۱۶. تغییر بعد گره از دو بُعدی به سه بُعدی.
مأخذ: <http://en.irna.ir/news/Khayyam-s-school-of-thought>

الگوی هندسی گره فقط در هندسه‌ی زیر سقف بکار گرفته شده است (تصویر ۱۱) و این الگو ساختار اصلی سقف را آرایش می‌دهد؛ فرم گره نقش سازه‌ای ندارد. همان‌طور که می‌بینیم گره در طرح، رنگ و مکان جاری شدن در سقف مشابه الگوی سنتی، به کار گرفته شده است.



تصویر ۱۲. پلان آرامگاه.

آلت‌های گره (واحد پایه)

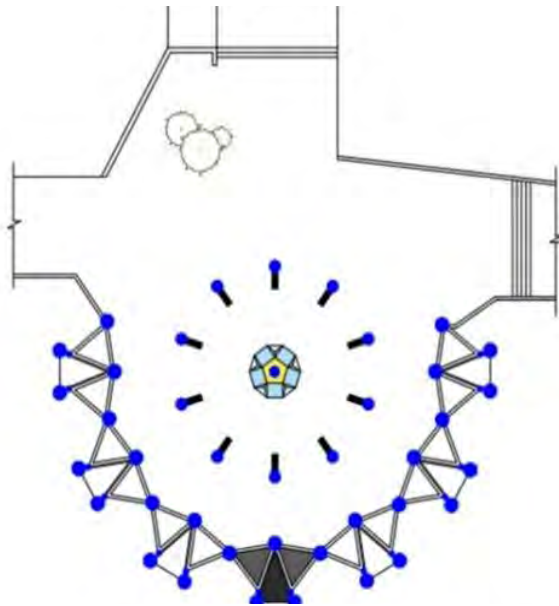


تصویر ۱۳. نمایش واحدهای پایه در سلول.

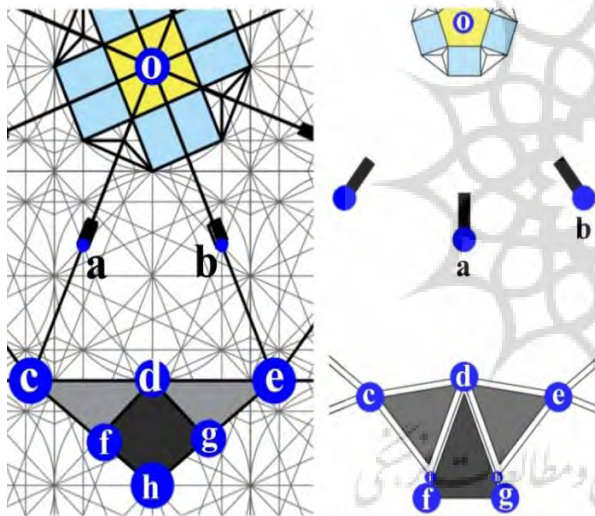
آرامگاه خیام

تحلیل الگوی هندسی زیر سقف یادمان

در تصویر (۱۴) هندسه پیدا و پنهان گره اصلی در سقف مقبره ترسیم شده است هم‌چنین واحد پایه (آلت) که بر اساس این واحد، فرم المان شکل گرفته است، مشخص شده است. در تصویر (۱۵) با جایگذاری هندسه گره بروی سقف، دگرذیسی هندسی گره بررسی شده است. با بررسی تمام اجزا و جایگذاری نقاط کلیدی هندسه گره، تغییرات هندسی محسوس می‌گردد. تغییر بعد گره از دوب‌بعدی به سه‌بعدی در تصویر (۱۶) نشان داده شده است؛ هم‌چنین تغییر مقیاس واحد پایه گره و در ادامه تغییر مقیاس کل گره صورت گرفته است (تصاویر ۱۷-۱۸).



تصویر ۲۰. جاری شدن الگوی هندسی گره در سایت پلان.



تصویر ۲۱. بزرگنمایی و نامگذاری تصاویر ۱۹ و ۲۰.



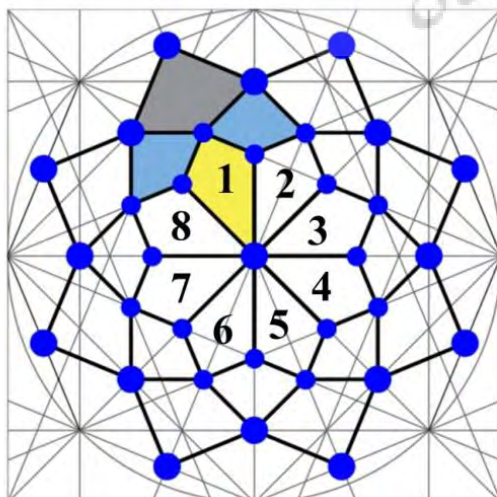
تصویر ۱۷. نمایی از سایت. مأخذ: (irangard.com/mag)



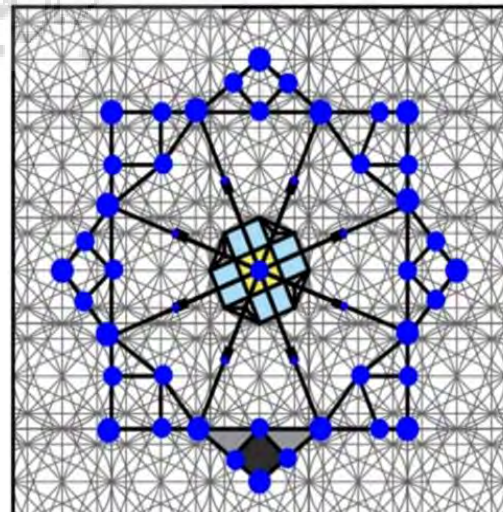
تصویر ۱۸. فرم مقبره. مأخذ: (en.irna.ir/news/Khayyam-s-school-of-thought-)

جاری شدن الگوی گره در هندسه‌ی حجم و سایت پلان

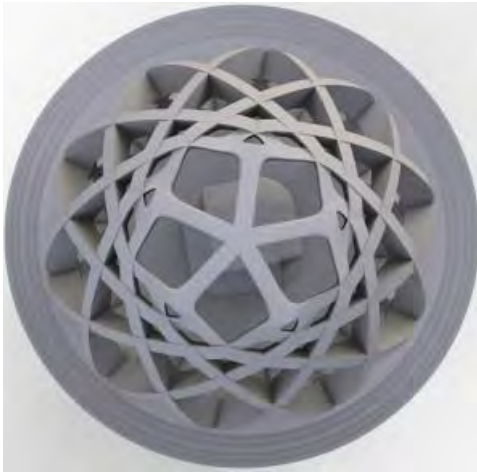
تصاویر (۱۹ الی ۲۱) به جاری شدن الگوی هندسی گره در سایت پلان می‌پردازد، همان‌طور که در تصاویر مشاهده می‌کنیم هندسه‌ی گره در مقیاس سایت پلان نیز قابل مشاهده است؛ و موقعیت مقبره در هندسه‌ی پلان مشخص شده است. در تصویر (۲۲) هندسه‌ی گره اصلی رسم شده است که با جایگذاری الگوی گره در حجم تغییر هندسی قابل مشاهده می‌باشد تصویر (۲۳).



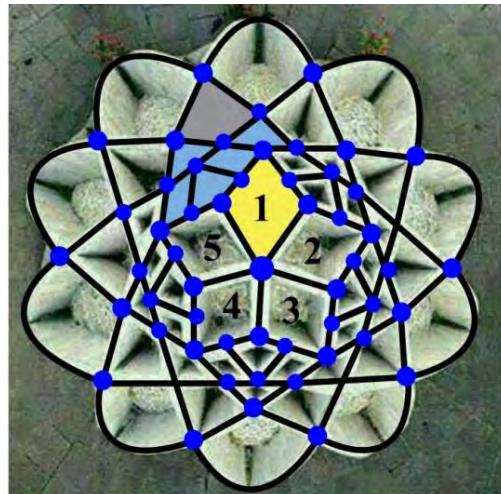
تصویر ۲۲. هندسه‌ی پیدا و پنهان نما از بالا.



تصویر ۱۹. هندسه‌ی پیدا و پنهان الگوی گره در سایت و فرم مقبره.

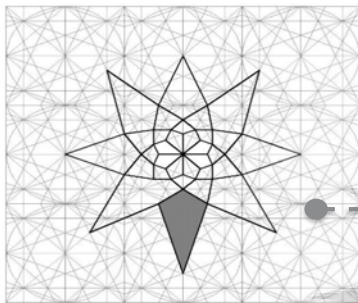


تصویر ۲۴. سه بُعدی ساخته شده از حجم آرامگاه. مأخذ: (www.fileavaran.ir)

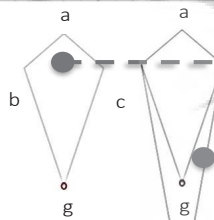


تصویر ۲۳. دگردهی هندسی گره و جاری شدن در حجم آرامگاه.

تحلیل دگردهی هندسی الگوی گره در هندسه نما

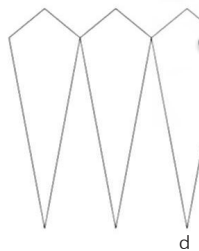


بررسی هندسه پنهان الگوی گره



مشخص کردن واحدهای پایه ای که اساس کار قرار گرفته است و ترسیم آن جدا از بستر هندسی (ایزوله کردن واحد پایه و سلول)

جابه جایی نقاط راس واحدهای پایه با حفظ توپولوژی (حفظ جایگاه در هندسه گره)



انتقال این تغییر در مقیاس سه بعدی



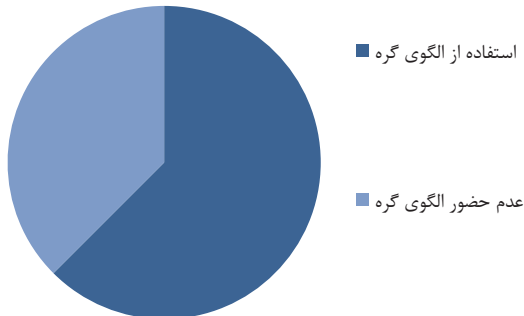
امتداد گره از سقف به نما

و یکی شدن یافت، نما، سازه و حجم با الهام از هندسه گره و در نهایت کل فرم و فضا، الگوی هندسی گره را با زبان جدید تداعی می‌کند.

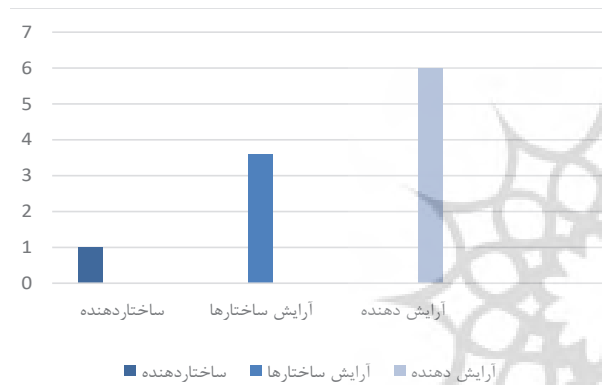
تصویر ۲۵. دگردهی هندسه گره و جاری شدن در نما و حجم.

تصویر ۲۶. نمودار روند آنالیز نمونه موردی.

از الگوی گره استفاده کردند، گره در نقش الگوی آرایش دهنده وجود دارد و همچنین حضور گره در آرایش ساختارها دیده می‌شود؛ فقط در آرامگاه خیام گره در سه مقیاس حضور پیدا کرده است و در نقش الگوی ساختاردهنده هم در طراحی به کار گرفته شده است (نمودار ۳).



نمودار ۱. درصد استفاده از الگوی گره در نمونه‌های موردی.



نمودار ۲. نقش و کاربرد الگوی هندسی گره با توجه به طیف الگوها در یادمان‌های مورد مطالعه.

در تصویر (۲۵) دگرذیسی گره اصلی از سطح دو بُعدی به سه بُعدی انتقال پیدا می‌کند؛ هندسه جدید در انتشار سه بُعدی، حجم تولید می‌کند، در انتشار مجدد تعداد آلت گره کم می‌شود، واحد پایه انبساط پیدا می‌کند و گره اکسپو می‌شود. به جای اینکه روی گره پوشش داده شود، ساختار گره نمایان می‌شود و نما، تزیین، سازه و پوشش، تماماً الگوی تغییر یافته‌ی گره می‌شوند تصویر (۲۶).

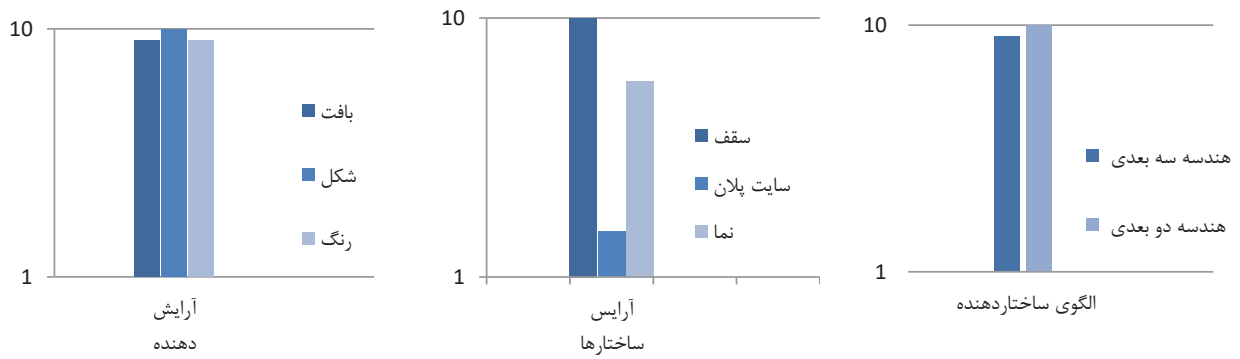
تحلیل یافته‌ها

در جدول (۴) حضور و کاربرد الگوی هندسی گره، بر اساس نظریه زبان الگو (سالینگاروس) در نمونه‌های مورد پژوهش بررسی شده است تصویر (۱). در این بررسی کاربرد گره و تأثیر گره بر اساس مقیاس تعریف شده‌ی الگوها بررسی شده است و در هر بنا حضور و تأثیر گره در سه طیف الگوهای ساختاردهنده، الگوهای که ساختارها را می‌آرایند و الگوهای آرایش دهنده تحلیل شده‌اند. بر اساس اینکه هندسه‌ی گره در چه طیفی از الگوها به کار رفته در مکان جاری شدن گره در بنا نقش داشته است (نمودار ۳)؛ اینکه الگوی گره به شکل سنتی در بنا جاری شده یا با فرم و شکل جدید به کار رفته است از بحث‌های این تحلیل هست. در میان نمونه‌های موردی در آرامگاه خیام شکل جدیدی از کاربرد گره بر اساس الگوی هندسی سنتی گره به کار برده شده است؛ که در تصاویر و مدل‌های (۱۰ الی ۲۵) تحلیل شده است.

در میان نمونه‌های موردی ۶۲ درصد از یادمان‌های از الگوی گره در طرح یادمان استفاده کردند (نمودار ۱). در این یادمان‌های الگوی هندسی گره در سه نقش ساختاردهنده، آرایش ساختارها و آرایش دهنده در بنا حضور پیدا کرده‌اند (تعاریف این الگوها پیش‌تر در بیان مسئله توضیح داده شده است)؛ در چارت مندرج در نمودار (۲) میزان کاربرد هر الگو با توجه به طیف الگوها بررسی شده است، در تمام بناهایی که

جدول ۴: جدول آنالیز نمونه‌های موردی پژوهش بر اساس کاربرد الگوها.

اجرای دستگاه هندسی گره به شکل سنتی	آرایش آراینده‌ها حضور الگوی گره در آرایه‌ها و تزیینات فرم			آرایش ساختارها حضور الگوی هندسی گره در آرایش ساختار اصلی فرم			ساختاردهنده حضور الگوی هندسی گره در ساختار اصلی فرم		حضور الگوی گره در بنا	ردیف نام بنا
	رنگ	شکل	بافت	نما	سایت پلان	هندسه زیر سقف	هندسه پلان هندسه پنهان	ساختار حجم هندسه سه بُعدی		
✓	✓	✓	✓		✓	—	—	—	✓	باباطاهر
									—	بوعلی سینا
✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓		✓	حافظ
—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	خیام
✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—		✓	سعدی
✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—		✓	صائب تبریزی
									—	فردوسی
✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—		✓	کمال الملک
									—	نادر



نمودار ۳. مکان جاری شدن الگوی هندسی گره با توجه به طیف الگوها در یادمان‌های مورد مطالعه.

ردیف	نام بنا	نوع گره انتخابی	تأثیر گره بر هندسه پیدا و پنهان پلان	تأثیر گره بر هندسه سایت پلان	تأثیر گره بر هندسه پیدا و پنهان سقف	نما و گره	تأثیر گره بر ساختار سه بعدی	بررسی دگرذیسی های الگو گره در بنا

تصویر ۲۷. نقش و کاربرد الگوی هندسی گره در آرامگاه خیام.

تغییر واحد پایه گره	تغییر جهت گره تغییر جهت سلول	تغییر مقیاس به کارگیری الگوی گره	ساده سازی: کم کردن آلت های گره در انتقال به نما	تغییر فرم و ساختار کلی گره

تصویر ۲۸. تحلیل دگرذیسی هندسی آرامگاه خیام. مأخذ: (تصاویر سه بعدی: www.fileavaran.ir)

۲۷-۲۸). در آرایش ساختارها در تمام بناهایی که الگوی هندسی گره به کار رفته است، هندسه‌ی زیر سقف از این الگو تأثیر پذیرفته است، در ۶۰ درصد بناها، الگوی گره در نما نیز جاری شده است؛ و در نهایت تمام یادمان‌هایی که از الگوی گره استفاده کرده‌اند، گره در بافت، رنگ و شکل (آراینده‌ها) به کار گرفته شده است (تصویر ۲۹).

در نمودار (۳) نقش هر الگو و مکان کاربرد الگو در بنا با توجه به مقیاس الگو در هر چارت به صورت جداگانه بررسی شده است. الگوی ساختاردهنده که شامل هندسه سه‌بُعدی و دو‌بُعدی می‌باشد در یادمان خیام که الگوی گره در نقش ساختاردهنده علاوه بر آرایش دهنده جاری شده است، در هندسه‌ی دو‌بُعدی و سه‌بُعدی تأثیرگذار بوده است (تصاویر



تصویر ۲۹. فرایند آنالیز و بازتولید هندسه ی گره.

در پاسخ به سؤال دوم پژوهش حاضر مشخص شد که الگوی هندسی گره در طیف الگوها در هر سه نقش کاربرد داشته است؛ و از تحلیل یافته‌ها درمی‌یابیم که در هندسه‌ی زیر سقف در آرایش ساختارها بیش‌ترین استفاده از الگوی گره شده است و هم‌چنین در شکل و بافت در نقش آرایش دهنده در تمام یادمان‌ها استفاده شده است. در مدل‌های هندسی بخش تحلیل یافته‌ها تکنیک‌های به‌کاررفته به‌منظور بازتولید شکل جدید گره در یادمان خیام بررسی شده است که این تکنیک‌ها پاسخ به سؤال سوم پژوهش می‌باشند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد یک مسیر مناسب به‌منظور ایجاد تغییرات (الگوی گره) از طریق دگردیسی هندسی است. دگردیسی هندسی یا تغییر تدریجی هندسه، امکان را برای کشف و ادامه‌ی تغییرات تدریجی طرح گره ایجاد می‌کند. به کار بردن این پروسه مزایای متعددی دارد؛ اول اینکه تغییرات، در یک شیوه‌ی تدریجی انجام می‌شود (یک پارامتر در یک‌زمان)، بنابراین تداوم را در تحولات فراهم می‌کند. دوم برای طراحان امکان استخراج انتخابی نمونه‌های مورد علاقه‌شان را به وجود می‌آورد، این نمونه‌های کلیدی یا اشکال کلیدی می‌توانند پایه‌ی مطالعات بعدی باشند.

نتیجه

در این پژوهش تحلیل و کاربرد الگوی هندسی گره و هم‌چنین بازتولید آن در یادمان‌هایی معاصر ایران بررسی شده است. از تحلیل یافته‌ها به این نتیجه می‌رسیم که هندسه در معماری ایرانی یکی از عوامل اصلی ایجاد ارتباط بین معماری سنتی و معاصر است. درک جامع هندسه‌ی گره‌ها و چگونگی بازتولید آن‌ها بر اساس هندسه‌ی پنهان گره سنتی، می‌تواند زمینه را برای استانداردهایی فراهم کند که پیوند گذشته و حال را در معماری تقویت می‌کند.

در پاسخ به سؤال اول پژوهش حاضر مشخص شد که در کل دورویکرد در استفاده گره در نمونه‌های موردی پژوهش دیده می‌شود: رویکرد اول: حفظ شکل سنتی گره؛ در این رویکرد گره مشابه نقش و مکانی که در بناهای سنتی داشته است در فرم و بنای معاصر نیز به کار رفته است.

رویکرد دوم: تغییر هندسی گره و دگردیسی گره به طوری که فرم و شکل معاصر از گره ایجاد شده است تصاویر مانند آرامگاه حافظ. در نمونه‌های موردی رویکرد اول کاربرد بیشتری داشته است، فقط در مقبره خیام رویکرد دوم جاری شده است.

پی‌نوشت‌ها

1. Ernst Gombrich.

فهرست منابع

خواجه سعید، فرناز و بلیلان اصل، لیلا (۱۴۰۲). بررسی گونه‌های معنایی در منظر یادمانی معاصر، مجله منظر، ۵۳، ۸۶-۷۵.
<https://doi.org/10.30495/hoviatshahr.2023.70137.12282>
 خوارزمی، مهسا (۱۳۹۲). مطالعه‌ای در نقوش هندسی تزیینات معماری در مساجد گناباد، ملک زوزن و فریومد. نشریه هنرهای زیبا: هنرهای تجسمی، ۱۷ (۳)، ۴۱-۲۵.
<https://doi.org/10.22059/jfava.2013.29609>
 رضازاده، مهسا (۱۳۹۹). زبان الگوی معماری ایرانی. (رساله دکتری معماری). دانشکده معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
 رضازاده، مهسا، اعتصام، ایرج، کامل‌نیا، حامد و میرزا کوچک خوشنویس، احمد (۱۳۹۹). تبیین رابطه معنی‌دار بین الگوهای آرایش دهنده و ساختاردهنده در میل‌ها و آرامگاه‌های برجی خطه خراسان (غزنوی و سلجوقی). پژوهش‌های معماری اسلامی، ۸ (پیاپی ۲۶)، ۱۰۳-۱۲۵.
<http://noo.rs/vuqFe>
 رضوانی، محمد و شفیعی سرارودی، مهرنوش (۱۳۹۶). طراحی و تولید سرمیک‌های نقش برجسته در نمای ساختمان با الهام از شیوه‌های رسم‌گره‌های

پورنادری، حسین (۱۳۹۹). شعریاف و آثارش / جلد دوم: گره و کاربردی. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
 حاجی قاسمی، کامبیز؛ نوایی، کامبیز (۱۳۹۹). خشت و خیال. تهران: انتشارات سروش.
 حیاتی، حامد؛ آقامحمدی، حسین (۱۳۹۵). بررسی ویژگی‌های هندسی گره در معماری اسلامی. مطالعات علوم کاربردی در مهندسی، ۱(۱)، ۱۳-۲۸.
<https://civilica.com/doc/542816>
 خواجه سعید، فرناز؛ بلیلان اصل، لیلا و سنارزاده، داریوش (۱۴۰۰). گونه‌شناسی منظر یادمانی معاصر با رویکرد نشانه‌شناختی پیرس. منظر، ۱۳، ۴۷-۵۵.
<https://civilica.com/doc/1280761>

and Geometry in Formation of Persian Architecture. *Asian Culture and History*. doi:10.5539/ach.v7n1p220

Alberti, L. B., (1988). *On The Art of Building in Ten Books*, (translated by Joseph Rykwert, Neil Leach, & Robert Tavernor), MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Martens, B., & Brown, A. (2005), *Computer Aided Architectural Design Futures, and the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, Vienna University of Technology, 373-382. doi:10.1007/1-4020-3698-1

Barrios, C., & Alani, M. (2015), *Parametric Analysis in Islamic Geometric Designs*, The Next City: 16th International Conference CAAD Futures, 304-322.

Cromwell, P.R. (2010). Hybrid 1-point and 2-point constructions for some Islamic geometric designs. *Journal of Mathematics and the Arts*, 4, 21-28. doi:10.1080/17513470903267259

Riether, G., & Baerlecken, D. (2012). Digital Girih, A Digital Interpretation of Islamic Architecture. *International Journal of Architectural Computing*. 10 (1), 1-12. doi:10.1260/1478-0771.10.1.1

Gombrich, E. (1979), *the Sense of Order - A Study in the Psychology of Decorative Art*, Phaidon Press Limited, London.

Ibrahim, I.; Al Shomely, K., & Eltarabishi, F. (2023), Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Contemporary Designs, a Systematic Analysis, *Architectural Design, Urban Science, and Real Estate. Buildings*, 13(10), 2434; https://doi.org/10.3390/buildings13102434

Dabbour, L. (2012). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*. doi:10.1016/j.foar.2012.08.005

Ranjazmay Azary, M. & Bemanian, M. & Mahdavejad, M. & Körner, A. & Knippers, J. (2023). *Application-based principles of islamic geometric patterns; state-of-the-art, and future trends in computer science/technologies: a review*. Heritage Science. https://doi.org/10.1186/s40494-022-00852-w.

Sakkal, M. (2018). Intersecting squares: applied geometry in the architecture of Timurid Samarkand. *Journal of Mathematics and the Arts*. 12. 65-95. https://doi.org/10.1080/17513472.2018.1468178.

هندسی، کنگره بین‌المللی فرهنگ و اندیشه دینی.

<https://civilica.com/doc/713428>

سالیانگروس، نیکاس آنجلوس (۱۳۸۶)، ساختار زبان‌های الگو، ترجمه سعید زرین‌مهر، فصلنامه تحقیقات معماری، ۴(۴)، ۹۴-۱۰۳.

<http://noo.rs/Hfm7D>

شریف، حمیدرضا، حبیبی، امین و جمال‌آبادی، عبدالله (۱۳۹۵). کارکرد اقلیمی هنر گره چینی در معماری اسلامی - نمونه موردی: بناهای مسکونی قاجاری شیراز. پژوهش‌های معماری اسلامی، ۴(۴)، ۷۳-۱۳.

<http://jria.iušt.ac.ir/article-1-617-fa.html>

عصام سعید، عایشه پارمان (۱۳۹۷). هندسه و نقوش اسلامی (نقش‌های هندسی در هنر اسلامی). ترجمه حمیدرضا زین‌الدین.

کیانی، محمد یوسف (۱۳۷۶). تزیینات وابسته به معماری دوران اسلامی. تهران: سازمان میراث فرهنگی کل کشور.

گروت، لینداوانگ، دیوید (۱۳۸۴). روش‌های تحقیق در معماری، ترجمه عینی‌فر. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

گلستانی، سعید (۱۳۹۶). جستاری در مفهوم پیوستگی فضا و روند تحولات آن در مساجد ایران، نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۲(۴)، ۲۹-۴۴. <https://doi.org/10.22059/JFAUP.2018.65695>

مشبکی، علیرضا (۱۳۹۷). مقایسه تطبیقی معماری مقابر دوره سلجوقیان و ایلخانیان در شهرستان مراغه. دومه‌نامه علمی تخصصی پژوهش در هنر و علوم انسانی، ۲، ۱-۱۲. https://shij.ir/RAHS/upload/RAHS/Content/180724_12/RAHS-No10-J1-Digital.pdf

منتظر، بهناز؛ سلطان‌زاده، حسین (۱۳۹۷). بازتاب نقش پنج‌ضلعی منتظم در نقوش هندسی معماری اسلامی ایران. مطالعات هنر اسلامی، ۱۴(۳۰)، ۱۵-۴۰. <https://www.sid.ir/paper/136760/fa>

مهدوی نژاد، محمدجواد و بهرامی، منیره (۱۳۹۳). نسبت یادمان گرایبی و پایداری در معماری معاصر ایران (مطالعه موردی: مساجد معاصر). معماری و شهرسازی پایدار، ۲(۱)، ۴۳-۵۶.

DOI: 20.1001.1.25886274.1393.2.1.4.7

میرجانی، حمید (۱۳۸۹). استدلال منطقی به‌مثابه روش پژوهش. نشریه صفحه، ۵۰(۵۰)، ۳۶-۵۰.

<https://doi.org/20.1001.1.1683870.1389.20.2.3.6>

نوریان، یحیی؛ کسرائی، محمدحسین (۱۳۹۴). مقایسه گره‌های سنتی و الگوهای معاصر اسلامی با تمرکز بر کاربرد در معماری معاصر. فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۲(۲)، ۶۳-۷۵. <https://doi.org/0.29252/ciauj.2.2.63>

Abdullahi, Y., & Embi, M. R. B. (2013). Evolution of Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, 2(2), 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.03.002>

Ebrahimi, A., & Aliabadi, M. (2015). The Role of Mathematics