در دسترس بصورت الکترونیک @ www.jscw.icrc.ac.ir

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، جلد ۱۰، شماره ۴، (۱۳۹۹) ۲۰-۹

نوع مقاله: مروری

Dor: 20.1001.1.22517278.1399.10.4.2.9

# بررسی بکارگیری رنگ در گره‌سازی و کاشی‌کاری اسلامی

آزیتا بلالی اسکویی[1*]، سام مرادزاده[2]

۱- دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۳ تاریخ بازبینی نهایی: ۹۹/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۵ در دسترس به‌صورت الکترونیک: ۹۹/۱۲/۱۸

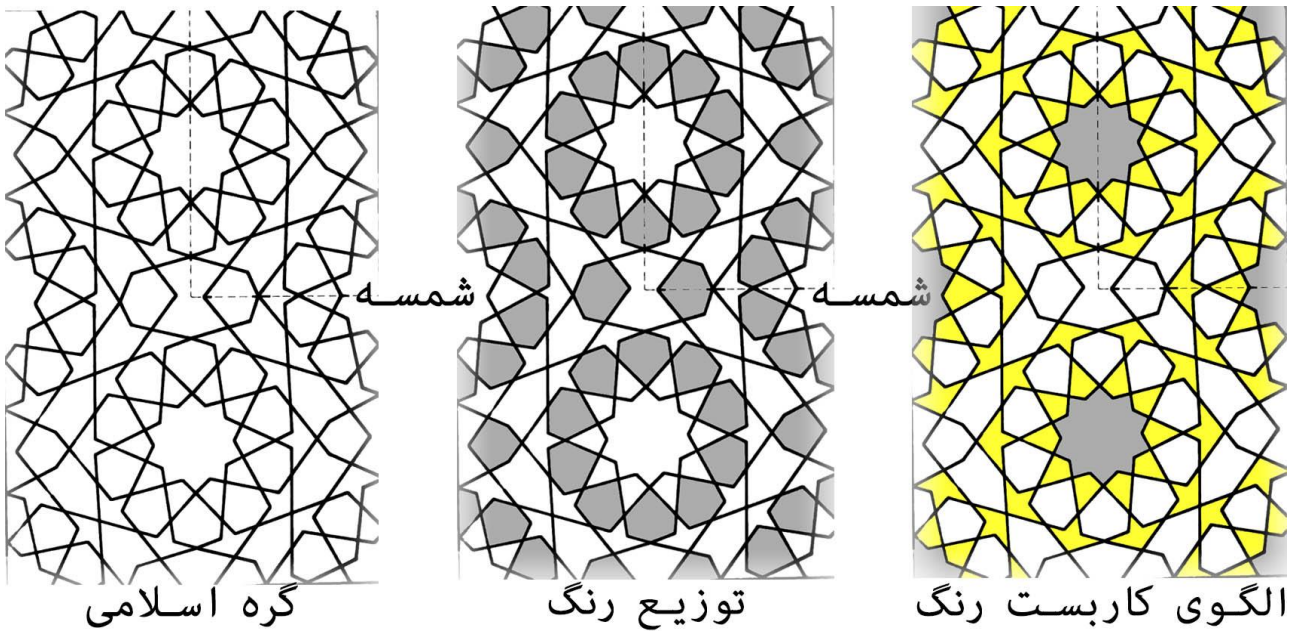
## چکیده

دین مبین اسلام از زمان شکل‌گیری خود باعث دگرگونی و تغییراتی در زمینه‌های مختلف معماری گردید. این تغییرات شامل بخش‌های مختلف، از جمله‌های تزئینات بنا نیز می شده است. با گذشت زمان و شکل‌گیری طرح‌های متعدد گره در بخش‌های مختلف ساختمانی و مصالح متعدد، عامل رنگ نیز جایگاه خود را یافت و در نهایت رنگ به عنصری جدایی‌ناپذیر در هنر گره‌سازی تبدیل گشت. در پژوهش پیش رو تلاش بر آن بوده تا گره را از زاویه نزدیک و از طریق عناصر هندسی سازنده آن، یعنی آلت‌های گره مورد بررسی قرار گیرد و رنگ در آلت‌های گره به تفصیل تحلیل گردد. بررسی رنگ هم بر اساس روانشناسی و هم کهن الگویی مورد بررسی قرار گرفته است. سوالات اصلی تحقیق به این نحو است که آلت‌های گره با چه مشخصه رنگی در کنار هم قرار گرفته اند و آیا می‌توان برای آن، الگوی همنشینی رنگ ارائه داد؟ برای نیل به این پرسش از مطالعات کتابخانه‌ای و اسناد و مدارک معماری و تاریخی در کنار استفاده از نرم افزارهای اتوکد و فتوشاپ استفاده شده تا الگوی رنگی آلت‌های گره معین گردد. پژوهش حاضر با رویکرد اکتشافی و با روش تحقیق توصیفی- تحلیلی انجام گرفته است. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که سه دسته اصلی گره ایرانی یعنی کند، تند و شل هر کدام دارای الگوی هندسی خاصی در همنشینی رنگ دارند و پس‌زمینه و روزمینه بودن هر آلت به تفکیک نوع گره، به عنوان یافته اصلی تحقیق تعیین گشته‌اند.

## واژه‌های کلیدی

رنگ، همنشینی رنگ، گره‌سازی، کاشی‌کاری، الگوی هندسی.

## چکیده تصویری




*نویسنده مسئول: a.oskoyi@tabriziau.ac.ir

Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science and Technology

Available online @ www.jscw.icrc.ac.ir

Journal of Studies in Color World, Vol. 10, No.4, (2021) 9-20
Type: Review paper

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

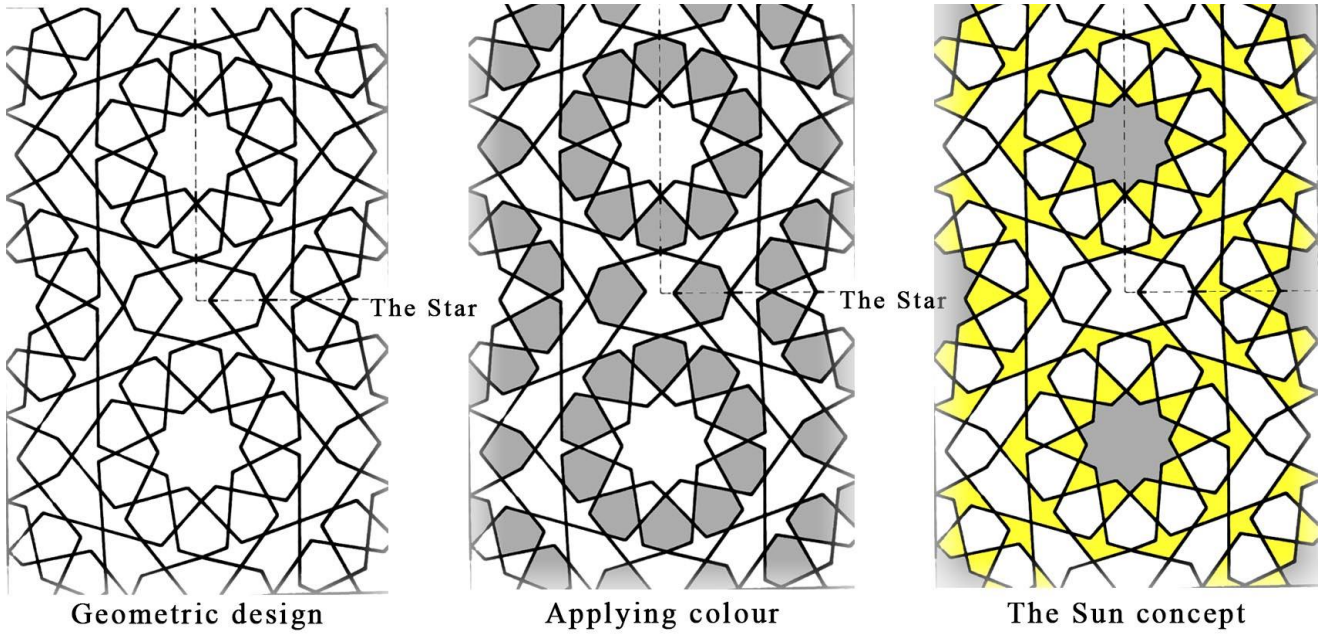
# A Study on Use of Color in Islamic Girih and Tiling

Azita Balali Oskoyi*, Sam Moradzadeh
Department of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, P. O. Box:5164736931, Tabriz, Iran.

## Abstract
The religion of Islam since its formation has caused changes and alterations in various fields of architecture. These changes included various topics, including building decorations. With the passage of time and the formation of various Girih designs in different parts of the building and various materials, the color factor also found its place and finally color became an integral element in the art of Girih. In the present study, an attempt has been made to study the Girih from a close angle through its constituent geometric elements, and to analyze the color in Girih. The study of color is based on both psychology and archetype. The main research questions are what color characteristics of the Girih are placed next to each other and can a color combination pattern be provided for it? To achieve this question, library studies and architectural and historical documents along with the use of AutoCAD and Photoshop software have been used to determine the color pattern of Girih. The present study has been done with an exploratory approach and a descriptive-analytical research method. Findings indicate that the three main categories of Iranian Girih, namely Kond, Tond and Shol, each have a specific geometric pattern in color combination, and the background and routine of each instrument, depending on the type of Girih, has been determined as the main finding of the research.

## Keywords
Color, Color combination, Girih, Tiling, Geometric patterns.

## Graphical abstract




Corresponding author: a.oskoyi@tabriziau.ac.ir

## ۱- مقدمه

ایرانیان همواره با هندسه آشنایی داشته‌اند؛ زمانی که برای کاخ سازی نیاز به ارتفاع ستون و یا در باغ‌سازی به ابعاد کرت ها نیاز داشتند، از هندسه بهره می‌بردند. در واقع ایرانیان هندسه عملی و نظری را در کنار هم استفاده می‌کرده‌اند. به همین دلیل با ورود اسلام، به سرعت نقوشی تلفیقی از شمایل و هندسه به عنوان تزئین شکل گرفت و کم‌کم هندسه نقش اصلی را در ساختار تزئینات شکل داد. خلاقیت معمار در تنوع دهی در کنار دانش ریاضی و هندسی باعث خلق صدها طرح متنوع گره گردید. اما عنصر رنگ از ابتدای معماری با آن همراه نبوده است. به تدریج در دوره سلجوقی رنگ در ابعاد کوچک ولی چشمگیر، خود را در نقوش هندسی گره نشان داد. اهالی دانش و پژوهشگران در بین اولین اثر که رنگ در آن ورود کرد اختلاف نظر دارند اما شاید بتوان گفت گنبد سرخ مراغه و برج‌های خرقان جزو اولین بناهایی هستند که رنگ در گره‌سازی را در بر می‌گیرند. پژوهش حاضر در پی پاسخ تاریخی به رنگ در گره‌سازی نیست، بلکه به دنبال الگو و چگونگی توزیع رنگ در نقوش هندسی اسلامی (گره) در دوران اوج آن می‌باشد.

این پژوهش پس از تعیین هدف، معرفی پیشینه نظری، روش و چهارچوب نظری و ادبیات موضوع، به معرفی نمونه ها و تجزیه تحلیل آن‌ها می‌پردازد و سپس در بخش تحلیل یافته ها و نتیجه گیری، داده ها به شکل کمی و کیفی جمع‌بندی می‌گردند. مقاله حاضر ضمن اشاره به رنگ‌های مختلف به کار رفته در آلت ها، به بررسی نظم و جایگاه آن‌ها در گره ها پرداخته است و تلاش می‌کند به سوالاتی از این دست پاسخ داده شود:

الف- استفاده از رنگ در الگوهای هندسی اسلامی (گره) به چه صورت می‌باشد؟

ب- آیا رابطه‌ای بین توزیع رنگ انجام گرفته، و مفاهیم و قوانین گره وجود دارد؟

این مطالعه از جنبه دیگری نیز حائز اهمیت است؛ اثبات می‌شود که چینش رنگ‌ها در کنار یکدیگر به نظر تصادفی نمی‌آید و همچنین دور از ذهن است که با کنار هم گذاشتن اتفاقی و ناشیانه رنگ‌ها در آلت‌های گره، به هندسه زیبایی از گره دست یافت. بعضی به اشتباه می‌پندارند رنگ به صورت تصادفی و با توجه به سلیقه صرفا معمار و در تنوع رنگی نامحدودی استفاده گردیده است. این پژوهش در پی آن است تا با اثبات توزیع الگووار در گره، دلایل ایجاد این الگوریتم را نیز اثبات کند و یک الگوی توزیع رنگی برای آن ارائه دهد.

## ۲- پیشینه تحقیق

به صورت کلی تمامی مطالعات رنگ که در حوزه معماری و تزئینات آن صورت گرفته به صورت کیفی و توصیفی بوده است. به این ترتیب پژوهشگران با توصیف رنگ بر کالبد یا جداره بنا، به تحلیل آن می‌پردازند. به عنوان مثال، شایسته‌فر و بهزادی [۱] به بررسی اشتراکات نقوش و نحوه رنگ و نقش در بین عناصر پرداخته‌اند. در پایان اشتراکات و افتراقات هر دسته به طور مجزا ارائه می‌شود. تمامی تحلیل‌ها و بررسی‌های این پژوهش به صورت چشمی بوده است و از روش تحقیق منحصر به فردی استفاده نشده است. در مثال دیگری در حوزه هنر و رنگ، حسین آبادی و رهنورد [۲] با پژوهشی تحت نام «بررسی نقش و رنگ در قالی سیستان» ابتدا با معرفی قالی و عناصر آن و سپس با دسته‌بندی و نمایش توزیع مختلف رنگ، گونه‌های مختلف قالی را معرفی می‌کنند. در مثالی بارز از تحلیل رنگ در جداره خارجی بنا، معماریان، عظیمی و کبودی [۳] به بررسی جایگاه خاص رنگ آبی و توزیع بالای این رنگ در یک منطقه خاص می‌پردازند و دلایل آن را از زوایای مختلف مورد بررسی قرار می‌دهند. نویسندگان پس از معرفی منطقه اورامان به ریشه‌های همنشینی رنگ آبی و سیر تحول آن از عناصر مختلف و جلوه‌های آن در معماری و به ویژه پنجره می‌پردازند. پژوهشگران در این مقاله تنها رنگ آبی را به صورت کلی بررسی می‌کنند و روش برداشت رنگ ویژه‌ای را در تحلیل خود ارائه نمی‌دهند. آگوستون جرج[1] [۴] در کتاب «تئوری رنگ و کاربرد آن در هنر و طراحی» به تفصیل به شرح و بست چیستی رنگ در مرحله اول می‌پردازد. رنگ را از زاویه فیزیک و موجی- ذره‌ای بررسی کرده و سپس این تئوری را وارد زمینه هنر کرده و در مرحله آخر به لحاظ زیباشناسی یک روش ریاضی و یک روش کددهی به آن تخصیص می‌دهد. به دلیل اینکه روش جرج دارای متغیرهای زیادی در داده‌های ورودی است، امکان استفاده از این روش توسط نگارندگان وجود ندارد. زمرشیدی [۵] به عنوان یکی از افراد صاحب نظر در زمینه هنر و تزئینات اسلامی و ایرانی، در مطالعه‌ای به معرفی هنر کاشی‌کاری ابتدای پیدایش آن در ایران و سپس روند آن را تا دوره تیموری بررسی می‌کند. در نهایت یک دسته‌بندی جامع از انواع کاشی و سپس ویژگی‌های هر دسته را ارائه می‌کند. زمرشیدی، رنگ در کاشی‌کاری را به صورت روش و شیوه سنتی آن بررسی کرده است، به همین دلیل امکان تعمیم آن به همه تزئینات اسلامی در معماری وجود ندارد. و در نهایت کینوشیتا شوچی[2] [۶] در کتابی جامع با عنوان «ساختار رنگ در قلمرو طبیعت» به بررسی نحوه توزیع رنگ و همنشینی آن در عالم طبیعت می‌پردازد. این کتاب که در زمینه خود یک کتاب مرجع شناخته می‌شود در فصول ابتدایی به چیستی رنگ از منظر فیزیکی می‌پردازد و در ادامه با دسته‌بندی جامع از اشیا و موجودات در طبیعت، آزمایشات رنگ را بر روی آن بررسی می‌کند و در نهایت به عنوان نتیجه‌گیری، بازه رنگ را در هر دسته ارائه می‌دهد. به دلیل آن که نمونه‌های مورد بررسی شوچی آثار طبیعی است، امکان استفاده از آن در آثار هنری وجود ندارد.

همچنان که ملاحظه شد هر کدام از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه رنگ، بر روی قسمتی از مبانی نظری مورد مطالعه تمرکز دارند و هیچکدام هنر الگوهای هندسی معماری را به طور خاص از جنبه رنگ بررسی نکرده‌اند. تنها در چند مورد بررسی هنر کاشی کاری به ذکر رنگ‌های شاخص یک دوره بسنده شده است. به همین دلیل این پژوهش با انتخاب روش تحقیق مناسب با تزئینات معماری و رنگ، به بررسی موضوع تحقیق و پاسخ‌دهی به سوالات تحقیق پرداخته است که می‌توان گفت مبانی نظری به سه بخش عمده «رنگ»، «کاشی‌کاری» و «گره‌سازی» قابل تعمیم است که در ادامه به شرح هر کدام پرداخته خواهد شد.

[1] Agoston Goerge
[2] Shuichi Kinoshita

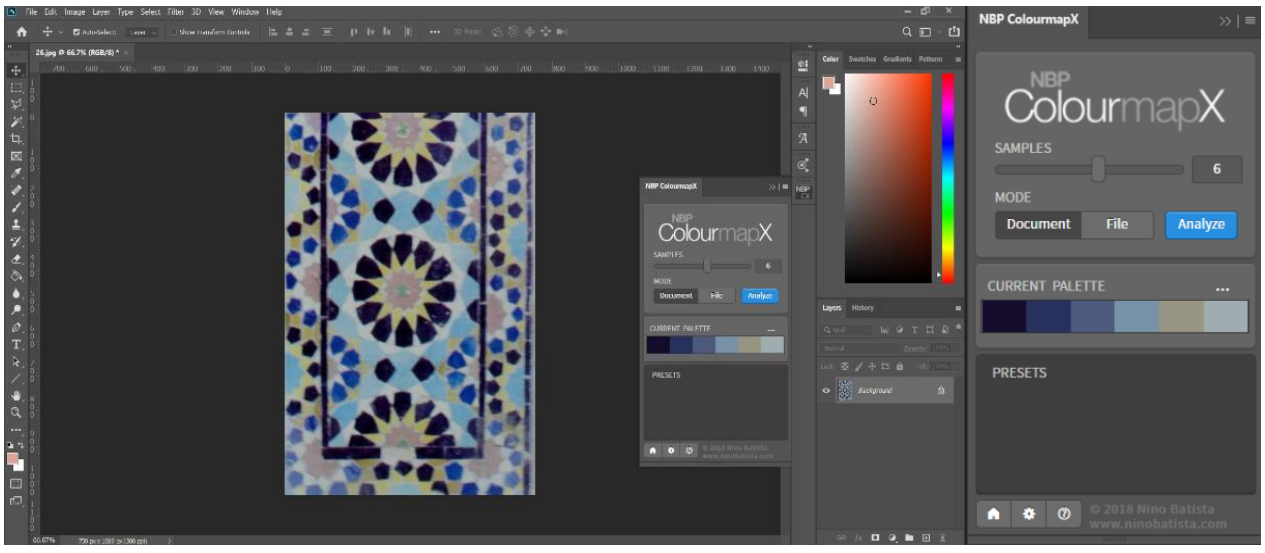
## ۳- روش تحقیق

به دلیل آن که اساس تحلیل نمونه‌های موردی و سوالات تحقیق بر پایه نمونه‌های هنری دسته بندی می‌شود، روش ارزیابی رنگ آثار هنری متفاوت با روش‌های رایج فنی و مهندسی رنگ می‌باشد. دیوید استورک [۷] در پژوهشی جامع، روش‌های تحلیل رنگ در آثار هنری با کامپیوتر و به وسیله ابزارهای متفاوت را معرفی می‌کند. پژوهش حاضر با روش تصویربرداری چند طیفی[1] دامنه‌ی رنگ را در تصاویر گرفته شده ساده می‌کند و رنگ‌های اصلی سازنده عکس را خارج می‌کند. به این منظور از افزونه ان بی پی[2] در فتوشاپ بهره‌گیری شده است که با انتخاب دامنه طیف، رنگ‌های سازنده تصویر را نمایش می‌دهد. از جانب دیگر، در این پژوهش با روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و با رویکرد اکتشافی در پی پرسش به سوالات تحقیق می‌باشد. جامعه آماری که برای بررسی دقیق گره‌ها در نظر گرفته شده ۱۲ نمونه است که تلاش بر آن بوده تا از آثاری که کمترین دخل و تصرف و مرمت در آن صورت گرفته استفاده شود تا پاسخ‌ها و تحلیل‌ها دقیق‌تر شکل گیرد. همچنین جمع‌آوری اطلاعات ترکیبی از مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات میدانی است اما به جهت خطاهای دید انسانی و تاثیرپذیری نور بر محیط، آنالیزهای رنگی و بررسی رنگدانه‌ها توسط کامپیوتر و نرم‌افزارهای مربوطه انجام گرفته است. افزونه ان بی پی در فتوشاپ مستقل از شرایط نوری تصویر، دامنه ساده شده طیف رنگ را به نمایش می‌گذارد (شکل ۱). برای ورود به بخش دسته‌بندی گره‌ها ابتدا لازم است تا مبانی رنگ و کاشی کاری بیان گردد تا روشی به دست آید که توسط آن گره‌ها بررسی و تحلیل گردند.

## ۴- کلیات رنگ

رنگ؛ گسترده ترین عنصر قابل‌درک، با تجلی در تمام ابعاد عالم با هم‌نشینی‌های مکمل و خلق هارمونی‌های ناب، زیبایی تحسین برانگیزی به طبیعت بخشیده است. با توجه به تأثیر بالا و گسترده بر روان آدمی می‌توان گفت بدون رنگ، ادامه حیات و زیبایی زندگی آدمی را افسردگی و بی‌نشاطی فرا خواهد گرفت. لذا بشر همیشه کوشیده است تا با بکارگیری رنگ و مصالح رنگی محیط‌زیست خویش را خوشایند و زیبا کند. در لغت‌نامه‌ها «رنگ کیفیتی است که از ظاهر چیزی دیده می‌شود؛ مانند سفیدی، سرخی، سبزی» [۸] و در لسان العرب، ابن منظور علاوه بر تعریف فوق، اضافه می‌کند که «رنگ هر شی، چیزی است که باعث تمایز آن از شی دیگر می‌شود.» [۹]. رنگ‌آمیزی، از جمله عناصری است که هنر ایرانی را از سایر هنرها جدا می‌کند. این قاعده از زمان‌های قدیم و بدو طلوع تمدن فلات ایران وجود داشته و نمونه‌های آن در کاشی‌ها، نقش برجسته‌های هخامنشی و ظروف و اشیای رنگین عهد ساسانی گرفته تا نقاشی‌ها و تزیینات صنایع گوناگون دوره اسلامی دیده می‌شود [۱۰]. سابقه استفاده از رنگ حداقل به حدود پانزده هزار سال پیش برمی‌گردد، به کهن‌ترین نقاشی‌هایی که در غارهای لاسکو و التمیرا پیدا شده است. با ایجاد مدنیت و اختراع سفال استفاده از رنگ، شکل کاربردی‌تری به خود گرفت و از ۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰ قبل از میلاد با کشف فلز، آلیاژهای فلزی و یافتن سنگ‌های تزئینی (لاجورد، فیروزه و یشم)، ساخت لوازم تزئینی و جواهرات رونق یافت و از این پس رنگ به عنوان یک عنصر زیباساز در مواد و وسایل بکار گرفته شد [۱۱]. رنگ با وجود تاریخ عظیم خود راه درازی را طی کرده تا وارد تزئینات، به خصوص معماری شود. زمانی که انسان رنگ را وارد محیط زندگی خود نمود، رنگ به تدریج معنایی تازه به زندگی آن داد و در کنار تاثیرات فیزیکی آن، معنویت را نیز انتقال داد. به همین دلیل هر رنگی نشانه و معنای خاص خود را گرفت؛ اما هدف این تحقیق نه معناشناسی رنگ بلکه جایگاه آن در الگوهای هندسی گره به خصوص کاشی‌کاری است. به همین دلیل لازم است تا در مرحله بعد هنر کاشی‌کاری و همنشینی آن با رنگ بررسی شود. تعاریف بالا همه از اهمیت رنگ و تاثیر آن به لحاظ روانی و روحی بر انسان خبر می‌دهد. اما این پژوهش بر چگونگی کیفیت هم‌نشینی رنگ در گره تمرکز دارد و به دنبال کشف چرایی انتخاب رنگ در آلت‌های گره است چرا که به نظر می‌رسد انتخاب رنگ از روی آگاهی و نه فقط از روی امکانات صرف زمانه است.

[1] Multispectral Imaging
[2] NBP ColourmapX

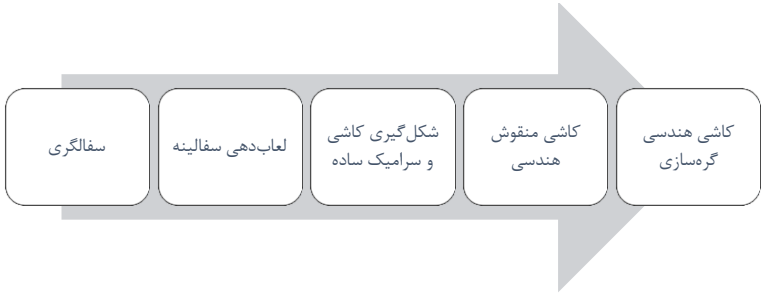



*شکل ۱- نمونه‌ای از خروجی رنگ به روش چند طیفی و به وسیله افزونه ان‌بی‌پی در فتوشاپ (نگارندگان).*

## ۵- هنر کاشی‌کاری در ایران

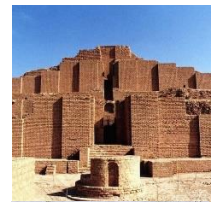
هنر و فن کاشی‌کاری ریشه در هنر سفال‌گری داشته و هنر سفال‌گری ایران ارزش و پیشینه چندین هزار ساله دارد. در کاوش‌های باستان شناسی بر روی گنج تپه‌های ایران معلوم شده که در اثر زلزله، آثار مسکونی در زیر خاک دفن شده و به همت کاوشگران، خاک کنار زده شده سفالینه‌های بسیار مرغوب و با ارزش به دست آمده است. کهن‌ترین اشیای سفالی به دست آمده در کاوش‌های باستان‌شناسی ایران، آثار کشف شده از گنج تپه «دره تپه» هرسین در استان کرمانشاه است که تاریخ آن به هزاره هشتم قبل از میلاد می‌رسد [۱۲]. همچنین در کاوش‌های باستان شناسی در اطراف بنای چغازنبیل و شوش علاوه بر لعاب بر روی سفالینه‌های بسیار مرغوب، آجرهای لعاب‌دار نیز به دست آمده است [۱۳]. در شکل ۲ می‌توان سیر تحول رنگ را مشاهده نمود.

باید پذیرفت که هنر کاشی‌کاری قبل از اسلام، بر حرفه و هنر کاشی‌گری، کاشی‌سازی و کاشی‌کاری بعد از اسلام در ایران بی‌تاثیر نبوده است، اما آثار معماری ایران در سده‌های اول تا سوم هجری، چون بناهای مسجد فهرج یزد، تاری خانه دامغان، مسجدهای شوش، شوشتر، دزفول و حتی بناهای زیبا و ارزشمند آجری مقبره شاه اسماعیل سامانی در بخارا، بدون کاشی‌کاری بوده‌اند اما در دوران پرشکوه امپراطوری سلجوقی کاربرد کاشی از مدرسه‌های نظامی آغاز شد، به گونه‌ای که نمونه‌های بسیار پرارزش آن از کاشی فیروزه‌ای در گردونه مناره‌های مدرسه شیعی در منار طبس تا قبل از زلزله مهیب ۱۳۵۷ در جنوب خراسان به یادگار مانده بود. شواهد موجود از سایر آثار این دوره، گویای این مطلب است که کاشی در بیشتر بناهای دوره سلجوقی، به شکل‌های گوناگون، کاربرد داشته است [۱۴]. پوشش گسترده بناهای تاریخی با تزئینات «کاشی» از مهم‌ترین ویژگی‌های هنر اسلامی در معماری اسلامی است [۱۵]. از جدول ۱ نتیجه می‌شود که رنگ از بدو شکل‌گیری تمدن‌های ابتدایی انسان در فضای زندگی وی وجود داشته و با گذشت زمان رنگ در تزئینات معماری و بناها حضور پر رنگ‌تری می‌یابد؛ تا در نهایت به بهترین و کامل‌ترین شکل در هنر گره‌سازی به اوج خود می‌رسد. لذا در بخش بعد هنر گره‌سازی شرح داده می‌شود.

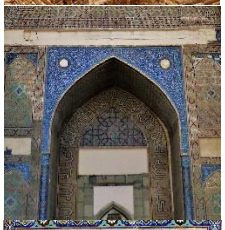



*شکل ۲- سیر تحول رنگ بر روی تزئینات معماری (نگارندگان).*

*جدول ۱- بررسی رنگ و هنر تزئینی کاشی‌گری در طول تاریخ ایران (نگارندگان).*

| | بنای شاخص | هنر و تزئینات رنگی | نمونه | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| غارنشینی | تپه هرسین، غار کمربند، تپه اسماعیل آباد، تپه قزوین، تپه حسنلو، تپه سیلک | لعاب‌کاری<br>لعاب سرخ و مشکی | | نمونه سفال، تپه سیلک | مرغوب بودن نوع خاک، طرح با نقش‌های فراوان گیاهی و حیوانی همراه با لعاب‌دهی بسیار مرغوب معدنی، در انواع رنگ‌ها و با پخت بسیار استادانه شاخصه این دوره می‌باشد. |
| ایلامیان | چغازنبیل، شوش | ساروج و قیر ملات‌شده به همراه خشت‌های رنگین؛ سبز و آبی؛ لعاب‌کاری |  | چغازنبیل | آجرهای لعاب‌دار این دوره مقدمه ای برای ایجاد آجرهای بلوکه‌شده منقوش رنگین در دوره هخامنشی گردید. |
| هخامنشیان | شوش، تخت جمشید | لعاب سبز متمایل به آبی، قهوه‌ای، مشکی، زرد سیر؛ سفال‌گری؛ کاشی‌کاری | | سربازان جاودان، شوش | در این دوره، هنر کاشی‌پزی و کاشی‌کاری پدید آمد و کاشی‌های بلوکه شده گود و برجسته با نقاشی و لعاب‌های رنگین شکل گرفت. |

*ادامه (جدول ۱).*

| | بنای شاخص | هنر و تزئینات رنگی | نمونه | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ساسانیان | کاخ بیشاپور، فیروزآباد | معرق‌کاری، با رنگ‌های سفید، قرمز، آبی، مشکی، سبز، زرد، قهوه‌ای | | کاخ نیشابور | شکل‌گیری هنر معرق‌کاری، کاشی‌سازی و کاشی‌گری دوره ساسانی، بعدها بر روی آثار هنری این رشته و شاخه‌های هنری در اروپا، به ویژه اسپانیا، روم و فلورانس تاثیرگذار بوده است. |
| دوره معماری فاقد تزئینات رنگی | | | | | |
| سلجوقی | گنبد سرخ مراغه، میل منار مسجد ساربان | کاشی آبی، آبی فیروزه‌ای، رسمی قطار؛ مینوتکار؛ کاشی خشتی، گره‌سازی | | گنبد سرخ مراغه | پس از گذر از دوره غیبت رنگ در تزئینات معماری ایران، در دوره سلجوقی رنگ خود را به شکل کاشی لعاب‌کاری شده آبی رنگ نشان می‌دهد. |
| ایلخانی | گنبد سلطانیه، مسجد جامع ورامین | کاشی‌کاری معرق، کاشی خشتی، کاشی زرین فام فیروزه‌ای، لاجوردی، کاشی معرق | | مسجد جامع ورامین | از ویژگی بارز این دوره برجسته‌سازی نقوش به وسیله استفاده از کاشی‌های خشتی «زرین فام گونه» که انگیزه‌ای برای تهیه (کاشی‌های زرین فام) دوره تیموری گردید. |
| تیموری | مقبره امیر تیمور، مسجد بی‌بی خانم، ابونصر پارسا، مسجد کبود | گسترش تنوع رنگی به ۱۱ رنگ، کاشی جسمی |  | مسجد بی بی خانم | به دلیل توجه فراوان پادشاهان تیموری به هنر در شاخه‌های مختلف، کاشی‌کاری و کاشی‌پزی رشد کرد و انواع مختلف آن چون «کاشی جسمی» و «کاشی‌کاری معرق» پیشرفت چشمگیر داشت. |
| صفوی | مدرسه چهارباغ اصفهان، مدرسه خان شیراز، مسجد جامع اصفهان | کاشی خشتی، کاشی پیچ (زغره) ، گره‌سازی، معقلی، کاشی هفت رنگ | | مدرسه چهارباغ | همانند دوره قبل به هنر توجه فراوان گردید و کاشی‌کاری نیز به سیر پیشرفت خود ادامه داد از جمله شکل‌گیری و پیشرفت کاشی پیچ، نقوش‌گره، کاشی هفت رنگ به اوج خود رسیدند. |
| قاجاریه | تکیه معاون الملک، مدرسه سپه سالار، کاخ گلستان | کاشی مشبک، کاشی معقلی، کاشی منقوش گود و برجسته زیر رنگی، کاشی هفت رنگ مقرنس | | کاخ گلستان | هنرمندان این دوره، صاحب سنتی تکامل یافته بودند که در پایتخت، شاهد نوآوری‌ها و تکامل انواع کاشی هستیم از جمله کاشی هفت رنگ نقش گل و کاشی چهره نگاره. |
| پهلوی | توسعه حرم امام رضا (ع)، سعدی، حافظ، خیام، کمال الملک | کاشی لعاب پر، کاشی هفت رنگ، کاشی معرق، گره‌سازی | | کتابخانه ملی کرمان | در این دوره چهره‌نگاری جنبه دیگری یافت و نقوش تحت تاثیر نیروی نظامی و سیاسی قرار گرفت. نقوش بدیع گره هندسی و نقوش کاشی شکل گرفت. |
| جمهوری اسلامی | مسجد الغدیر، مسجد حضرت ابراهیم (ع)، مدرسه نواب، مصلای بزرگ تهران | تکمیل و گسترش کامل انواع نقوش تزئینی | | مصلی بزرگ تهران | در نظام جمهوری اسلامی به ساخت بناهای مذهبی توجه ویژه‌ای شد. در مساجد هنرهای اسلامی و نقوش با نهایت کیفیت انجام گرفت. |

## ۶- گره‌سازی

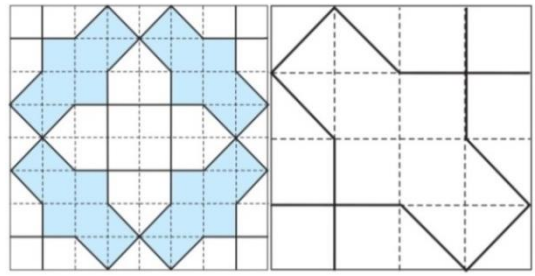
گره‌سازی به تزییناتی گفته می‌شود که به صورت هندسی و با قواعد مشخص رسم می‌شود و در بسیاری از مکان‌ها می‌توان از آن استفاده کرد. در سردرها، کتیبه ها، در و پنجره ها، طاق ها و غیره. گره را با آجر، کاشی، گچ، آیینه و غیره می‌توان ساخت. گره‌سازی انواع و زمینه‌های گوناگون دارد، چنانچه گفته شده است که هفتادودو بطن دارد و از درون یکدیگر توانایی زایش و به وجود آمدن گره‌های نو را دارد [۱۶]. منظور از قواعد مشخص هندسی، به وجود آمدن آلت‌های مشخص در بطن آن است تا آن نقوش هندسی گره نامیده شود در واقع تفاوت گره‌سازی و نقوش هندسی در تشخیص آلت‌های معینی در گره می‌باشد. واگیره[1] کوچک‌ترین جز قابل تکرار هر گره است که در یک چارچوب مشخص به روشی معین رسم می‌شود. واگیره به تنهایی در اجرای گره به کار نمی‌رود، بلکه پس از تکرار در جهت‌های خاص، گره نمایان می‌شود [۱۷]. به همین ترتیب آلت گره نیز عبارت است از، هر واحد از مجموع نقوش هندسی که در یک زمینه (واحد گره) قرار گرفته باشند. لذا واحد کار در گره‌سازی و گره‌سازی را «آلت گره» گویند (شکل ۳).

همچنین دسته‌بندی‌های متفاوتی از سمت استادکاران و پیشه‌وران برای گره معرفی گردیده است. اما می‌توان گفت فراگیرترین دسته‌بندی، سه دسته پیچیده؛ که دارای شمسه می‌باشند، دسته ساده؛ که بر مبنای الگوی شبکه تشکیل می‌شود و دسته سوم که به گره‌های غیرایرانی اطلاق می‌شود. حسین زمرشیدی به تفصیل در کتاب گره‌چینی در معماری و هنرهای سنتی به تکمیل این دسته‌بندی‌ها پرداخته است. اما هدف از عنوان این دسته‌بندی‌ها، بیان این فرضیه می‌باشد که به نظر می‌رسد اوج رنگ‌بندی‌ها و توزیع رنگ در دسته اول که مربوط به گره‌های دارای شمسه است یافت می‌شود (جدول ۲)[ ۱۸].

## ۷- بررسی رنگ گره در کاشی‌کاری

استفاده از رنگ در معماری ایران به دوره ایلامیان می‌رسد. دیوارهای زیگورات چغازنبیل که بیشتر آن از خشت خام است با ساروج و قیر ملاط شده در بسیاری جاها پوشیده از آجرهای کوره پزی با رنگ آبی، سبز و درخشش فلزی است [۱۹]. این استفاده از رنگ چه با کاشی و چه با موزائیک تا دوره اسلامی ادامه دارد؛ اما با ورود اسلام به ایران ما شاهد یک معماری بی رنگ تا قرن ششم هستیم. گرایش به رنگ را می‌توان مسبب مهم‌ترین تحول و عامل کلی‌ترین تقسیم‌بندی تاریخ این معماری (دوره اسلامی) به حساب آورد و به دو دوره معماری بی‌رنگ و معماری رنگین قائل شد [۲۰]، اما حضور رنگ با کاشی در معماری ایران در دوره اسلامی از نیمه دوم قرن ششم آغاز می‌شود. معماری اسلامی ایران در یک دوره طولانی یعنی بیش از پنج قرن فاقد رنگ به معنای اصطلاحی آن بوده؛ یا به بیان دیگر رنگ، به مصالحی چون آجر و گچ محدود می‌شده است. پس از حدود نیمه دوم قرن ششم هجری است که رنگ در چند بنا حضور قابل‌توجهی دارد [۲۱] از جمله می‌توان به گنبد سرخ مراغه که یک برج آرامگاهی (۵۴۰ ه.ق) است اشاره کرد که همراه آجرهای قرمز، کاشی‌های آبی رنگ سرتاسر بنا را در بر گرفته است.

[1] Repeat Unit



*شکل ۳- واگیره از گره سرمه‌دان قناس (سمت راست)، واحد گره (زمینه گره) سرمه‌دان قناس (سمت چپ) [۱۸].*

*جدول ۲- دسته‌بندی انواع گره به لحاظ ساختار هندسی آلت‌ها و شبکه ساختاری (نگارندگان).*

| دسته‌بندی | توضیحات | نمونه | مکان |
|---|---|---|---|
| گره گروه اول | گروه اول معمولاً در ظاهر پیچیدگی بیشتری را نشان می‌دهند. بنابراین قواعد ترسیم پیچیده‌تری هم دارند. | | مسجد درب امام اصفهان |
| گره گروه دوم | گروه دوم نقوشی که قواعد ترسیم بسیار ساده‌ای دارند و تنها با ایجاد شبکه‌های منظمی از مربع، مثلث و لوزی قابل ترسیم و گسترش اند. | | ازاره مسجد جامع یزد |
| گره گروه سوم | گره‌های این گروه که به گره‌های غیرایرانی موسوم است شامل گره‌های بسیار ساده تا گره‌های بسیار پیچیده است اما تفاوت بارز در تناسبات آلت‌ها و اندازه آلت‌ها با گره‌های ایرانی است. | | مسجد الکتبیه در مراکش |

مقاله

نکته مهم این است که رنگ آبی در کاشی‌کاری (چه لاجوردی و چه فیروزه ای) چه به صورت تک‌رنگ و چه در میان دیگر رنگ‌ها در معماری ایران همیشه رنگ غالب بوده است. آبی در دو صورت تیره و روشن یا به اصطلاح لاجوردی و فیروزه‌ای در آثار معماری ظاهر شده است. اهمیت رنگ‌های یاد شده، بدین جهت است که در اکثر ترکیبات رنگی، حداقل یکی از این دو حضور دارند و معمولا رنگ، متن ترکیب را می‌سازد و یا دست کم سطح قابل‌توجهی را به خود اختصاص می‌دهد [۲۲]. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که استفاده از بعضی از کاشی‌های رنگی چون کاشی زرین فام در دوره ی ایلخانیان و رنگ طلایی در تزئینات کاشی‌کاری دوره تیموری معمول گردید به عنوان مثال کاشی (زرین فام) ابتدا در قرن پنجم ساخته شد و کاربرد آن در دوره فرمانروایی ایلخانی به اوج رسید [۲۳]. مایه گرفتن از دو رنگ آبی روشن و سیر نه تنها در قرن هفتم (ایلخانیان) بلکه در تمام دوره تیموری و اوایل دوره صفوی، رواج بیشتر داشت [۲۴]. می‌توان گفت دوران سلجوقی زمانی است که معماران و هنرمندان، فن استفاده از رنگ به عنوان یک ابزار برای ایجاد عمق و برجسته‌سازی در گره را فرا گرفته‌اند.

## ۸- بررسی رنگ در نمونه‌های موردی

با توجه به این نکته که شرایط محیطی در تعیین رنگ تاثیر بسزایی دارد؛ لذا تلاش گردیده تا نمونه‌هایی انتخاب گردد تا کمترین دخل و تصرف در آن انجام گرفته باشد همچنین به دلیل خطاهای چشمی و خطاهای ابزارهای عکاسی، از فتوشاپ و روش تصویربرداری چند طیفی استفاده شده تا الگوی هم‌نشینی رنگ در نمونه‌ها معین گردد. پلاگین‌ها نرم افزارهای جانبی می‌باشند که بر روی نرم افزارهای اصلی نصب می‌شوند. از پلاگین ان‌بی‌پی در محیط فتوشاپ به عنوان استخراج کننده پالت[1] رنگ گره بهره‌گیری شده است. این پلاگین با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، الگویی از تنوع رنگ را در اشکال ارائه می‌دهد.

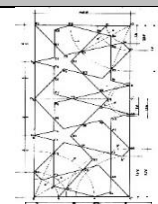
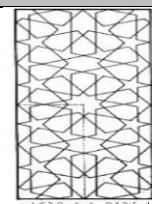
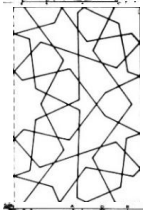
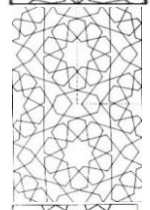
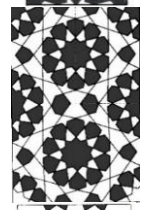
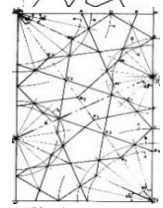
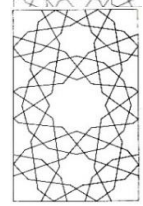
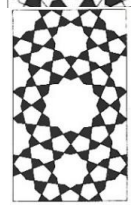
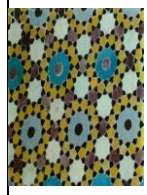
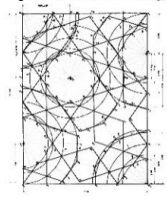
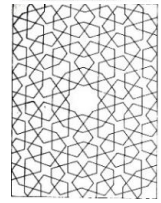
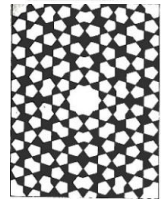
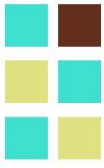
## ۹- یافته‌ها

با توجه به جدول ۳ و تحلیل نمونه‌های موردی، یافته‌های تحقیق را می‌توان در موارد زیر بررسی نمود:

- رنگ در پیش زمینه و رو زمینه با توجه به الگوی خاص گره انتخاب می‌گردد؛ به آن معنا که توزیع رنگ و درجه اشباع رنگ با توجه به موقعیت شمسه تغییر می‌کند و رنگ‌ها با توجه به نوع رنگ شمسه انتخاب می‌شوند.

[1] Palette

*جدول ۳- بررسی رنگ و شبکه ساختاری نمونه‌های موردی (نگارندگان).*

| نام بنا | نام گره | واگیره گره | الگوی کامل گره بدون اعمال رنگ | الگوی کامل رنگ با اعمال رنگ | شکل گره در بنا | هم‌نشینی رنگ‌ها در گره به صورت پیش‌زمینه | هم‌نشینی رنگ‌ها در گره به صورت پس‌زمینه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سید نصیرالدین تهران | گره آلت لغت (ده تند، دانه بلوط) |  |  | | |  | |
| سقاخانه امامزاده یحیی | چهار شمسه طبل پایزی |  |  |  | | | |
| مدرسه سپه سالار | نه دوازده طبل قناس |  |  |  |  | | |
| مسجد جامع اصفهان | طبل سرمه دان |  |  |  | | |  |

*ادامه (جدول ۳).*

| نام بنا | نام گره | واگیره گره | الگوی کامل گره بدون اعمال رنگ | الگوی کامل رنگ با اعمال رنگ | شکل گره در بنا | هم‌نشینی رنگ‌ها در گره به صورت پیش‌زمینه | هم‌نشینی رنگ‌ها در گره به صورت پس‌زمینه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بقعه سید نصرالدین تهران | ده تند و کند گیوه | | | | | | |
| دارالشفا، حرم حضرت رضا (ع) | هشت کند | | | | | | |
| مسجد جامع گوهرشاد | هشت چهار لنگه کند | | | | | | |
| صحن عتیق حرم حضرت معصومه (ع) | هشت چهار لنگه طبل شل | | | | | | |
| مدرسه چهار باغ اصفهان | هشت پنج | | | | | | |
| مدرسه شهید مطهری | شش سرمه‌دان | | | | | | |
| صحن جدید حرم حضرت معصومه (ع) | هشت چهار لنگه شل | | | | | | |
| مسجد امام‌زاده زید تهران | شش سرمه‌دان یک قدمی | | | | | | |

مقاله

در بیشتر موارد پیش‌زمینه و روزمینه با درجه گرمی و سردی رنگ رابطه مستقیم دارند. به عبارت دیگر زمانی که رنگ یکی از آلت‌های گره در پس زمینه سرد است، تمامی آلت‌هایی که آن را احاطه می‌کنند رنگی مخالف، یعنی گرم دارند و برعکس و در نهایت الگویی مشابه شکل ۴ را نمایش می‌دهند.

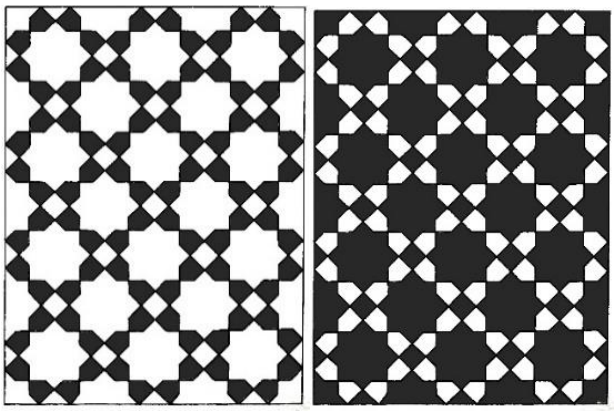
- گاهی با چند حرکت طوری عمل می‌شود که آلات تکراری به شکل بسیار ریز و کوچک در می‌آید که با شمسه‌های اصلی و مرکزی قابل‌قیاس نیست. پس از این مرحله تکرار آلات دوباره به حالت اول باز می‌گردد، یعنی دوباره درشت و تند و کشیده می‌شود. این کیفیت برای بیننده حرکات و پرتوهای نورانی اطراف خورشید را تداعی می‌کند [۱۹]. شمسه به معنای تحت اللفظی خود به معنای خورشید می‌باشد و نام‌گذاری این آلت، فرضیه موجود درباره شبیه‌سازی طرح گره به حالت خورشید را قوی‌تر می‌کند.

- عنصر رنگ با قابلیت تفکیک اجزای طرح گره و ایجاد عمق و سایه اندازی، باعث برجسته‌کردن نقوش و پدیدارشدن نقش شمسه (خورشید) در گره‌ها می‌باشد؛ چنانکه در اشکال و جداول تشریح گردید، نقوش گره بدون اعمال رنگ، وجود شمسه را به طور واضح مشخص نمی‌سازد [۲۵] (شکل ۵).

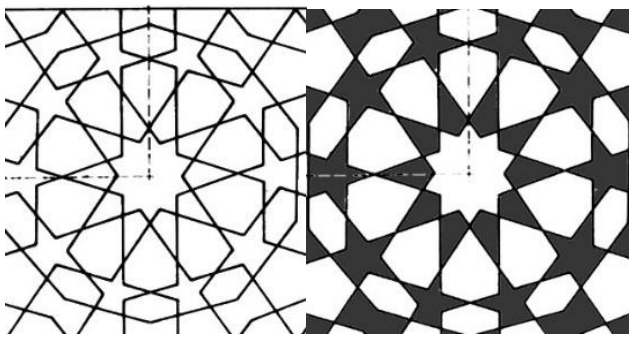
- با توجه به جدول ۳، نکته قابل استنباط استفاده از رنگ‌های مکمل و اصلی در کنار هم در اکثر بازه‌های تاریخی می‌باشد. همچنین با توجه به جدول ۳ می‌توان رنگ شاخص هر دوره را شناسایی نمود. اما با بررسی دقیق‌تر گره، ثابت می‌شود که همه رنگ‌ها در کنار یکدیگر الگو را شکل می‌دهند و به این ترتیب معمار یا هنرمند با توجه به جایگاه گره‌سازی که در درون بنا یا خارج بنا قرار گرفته است و امکانات موجود که در هر دوره در اختیار او بوده، طرح و رنگ گره را تشکیل می‌داده‌اند ولی این روش در طول تاریخ این هنر ثابت مانده و همواره به عنوان یک اصل استفاده می‌شده است (شکل ۶) [۲۶].

با توجه به جدول ۴ می‌توان گفت رنگ و اعمال رنگ تاثیر به سزایی در خوانش طرح و الگو برقرار می‌کند. همچنین می‌توان این هم‌نشینی رنگ در پس‌زمینه و رو زمینه را تنگاتنگ دانست کماکان که می‌توان با جایگذاری رنگ به صورت معکوس به نتایج جالبی دست یافت.

در نهایت با توجه به یافته‌های تحقیق و تحلیل نمونه‌ها می‌توان الگویی به لحاظ هم‌نشینی رنگ در آلت‌های گره مشخص نمود؛ که در مورد سه دسته اصلی گره یعنی تند، کند و شل قابل‌تعمیم می‌باشند. با توجه به تنوع و زایش نامحدود طرح در گره، الگوی رنگی آن نیز به تبع آن قابل‌شناسایی است. لذا ارائه این الگو به عنوان یک روش که از دیرباز استفاده می‌شده است، در رابطه با دسته‌بندی‌های اصلی قابل استنباط است.



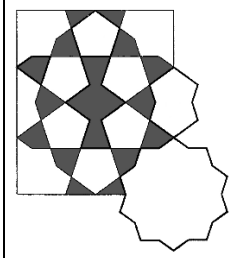
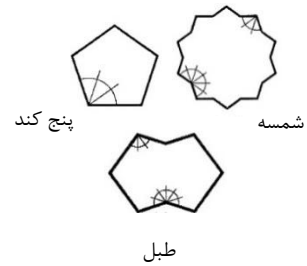
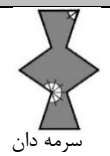
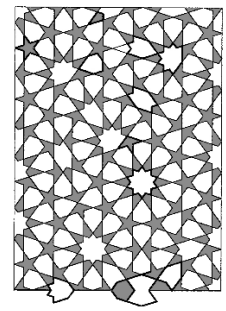
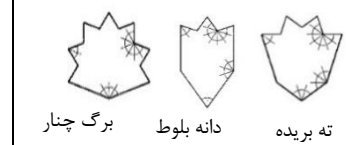
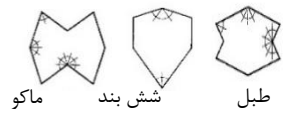
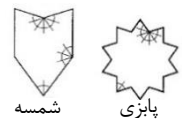
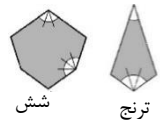
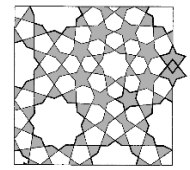
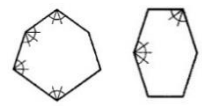
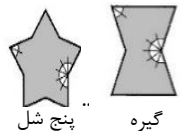
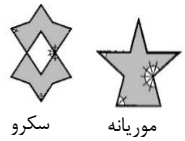
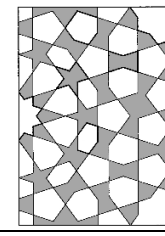
*شکل ۴- رابطه دو سویه رنگ در آلت‌های گره هشت پنج (نگارندگان).*



*شکل ۵- تاثیر اعمال رنگ در طرح گره ده تند و کند گیوه (نگارندگان)*

*شکل ۶- هم‌نشینی رنگ در آلت‌های انواع گره با توجه به نمونه‌های مورد بررسی (نگارندگان).*

*جدول ۴- الگو یابی هم‌نشینی رنگ در دسته‌های اصلی آلت‌های گره (نگارندگان)*

| نوع گره | الگوی کلی گره | آلت‌های پس زمینه | آلت‌های رو زمینه | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| گره کند |  |  |  <br> | زوایای آلت‌های گره کند که بر روی شکل یک به یک مشخص شده‌اند در هر تقسیم معادل ۳۶=۱۰÷۳۶۰ درجه یعنی ۱/۱۰ دایره می‌باشد. |
| گره تند |  |  <br>  <br>  | <br>  <br> | در صورتی که مقدار زاویه داخلی آلت‌های گره کمتر از ۹۰ درجه باشد آن را تند می‌نامند. |
| گره شل / کند و شل |  |  |  <br>  | در گره شل از راس هر پنج ضلعی با زاویه ۱۸ درجه نسبت به ضلع پنج ضلعی رسم می‌شود. |
| گره شل / کند و تند و شل |  | | | |

## ۱۰- نتیجه‌گیری

از اوایل دوره ایلخانی کمتر بنایی می‌توان یافت که در آن از تزئینات کاشی استفاده نگردیده باشد. نقش این عنصر تزئینی از جنبه استحکام و زیبایی قابل بررسی است؛ اما تمرکز این پژوهش بر زمینه زیبایی‌شناسی و هم‌نشینی رنگ این عنصر بوده است. با بررسی دوره‌های مختلف مشخص گردید که در هر بازه تاریخی و با توجه به امکانات موجود، یک یا چند رنگ ارجحیت بیشتری نسبت به سایر رنگ‌ها داشته است اما استفاده از کاشی و روش الگوی همنشینی رنگ همواره رعایت گردیده است. این تکنیک هیچ‌گاه در صدد آن نبوده که ماهیت معماری را تحت تاثیر خود قرار دهد بلکه بزرگ‌ترین هدف آن، تغییر شکل یک ترکیب کاملا ساختمانی به ترکیبی درخشان بوده که در آن توده‌های معماری، طرح‌های تزئینی و رنگ با یکدیگر در می‌آمیخت در عین آنکه هر یک اصول و ویژگی‌های خاص خود را دارا بود. در خصوص تحلیل و دلیل استفاده از این روش می‌توان گفت که به دلیل اندک بودن مبانی نظری و فقدان اسناد مکتوب، در این زمینه نمی‌توان به طور یقین به مسائل زیباشناسی تزئینات اسلامی پرداخت، اما آنچه مورد اتفاق بیشتر متفکران و صاحب‌نظران هنری قرار دارد، تزئینات اسلامی چیزی فراتر از یک پوشش و تزئین صرف می‌باشند. زیبایی‌شناسی اسلامی به مسائلی چون: فضای مثبت و منفی، اصل قرینگی، تجریدی و انتزاعی بودن، بی زمانی، غیرمادی بودن تناسب و تنوع ترکیب، بافت، توازن، آرامش، وحدت، نور و رنگ توجه خاص دارد. در تزئینات کاشی‌کاری اسلامی هم فضای مثبت و هم فضای منفی با

مقاله

اهمیت است. منظور از فضای منفی، فضایی بیهوده و عبث نمی‌باشد بلکه این دو فضا به مثابه روح و جسم مکمل هم و حیاتشان نیز لازم و ملزوم یکدیگر است. بنابراین از این حیث هر کدام از این فضاها ارزش خاص خود را دارند که اگر این ارزش فضاها رعایت نشود طرح به کمال خود دست نیافته است. بنابراین به هیچ عنوان تزئینات معماری در ستیز با فضای معماری برنیامده‌اند بلکه کاشی‌ها در کمال آرامش به بدنه معماری اسلامی تکیه زده اند. همچنین می‌توان این نکته را افزود که دلایل نام‌گذاری اجزا و عناصر معماری کاملا از منطق رنگ تبعیت می‌کند و می‌توان نمود آن را به طور واضح در بررسی‌ها مشخص نمود. چنانکه مشاهده شد آلت شمسه (خورشید) ، نمایانگر یک شمسه تابان است که همه آلت‌های گره با هم‌نشینی خاص خود سعی در تاکید بر آن دارند، لذا می‌توان یک از دلایل شکل‌گیری الگوی خاص را تجربه انتزاعی یا ذهن خلاق معمار دانست که سعی بر آن داشته تا با علم به هندسه و زیباشناسی رنگ، الگوی شکلی را به انتزاعی‌ترین و زیباترین حالت ممکن بیان کند.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان از نشریه مطالعات در دنیای رنگ نهایت تشکر را دارد که در طی این مسیر با حمایت و بازخوردهای دقیق و علمی باعث گردید تا پژوهش حاضر آماده و قابل چاپ گردد.

## ۱۱- مراجع

۱. م. شایسته‌فر، م. بهزادی، "*هماهنگی رنگ و نقش در تزیینات مسجد جامع یزد، زیلو و سفال میبد*"، مطالعات هنر اسلامی، ۱۵، ۱۱۰-۹۱، **۱۳۹۰**.

۲. ز. حسین‌آبادی، ز. رهنورد، "بررسی نقش و رنگ در قالی سیستان"، انجمن علمی فرش ایران، ۴۵، ۷۴-۵۷، **۱۳۸۵**.

۳. غ. معماریان، س. عظیمی، م. کبودی، "*ریشه‌یابی بکارگیری رنگ آبی در پنجره‌های ابنیه سنتی مسکونی*"، پژوهش‌های معماری اسلامی، سال اول، **۱۳۹۳**.

4. G. Agoston (1987), "*Color Theory and Its Application in Art and Design*", Springer, Paris, **1987**.

۵. ح. زمرشیدی، "سیر تحول کاشی‌کاری در آثار معماری دوره صفویه تا امروز"، نشریه علمی مطالعات معماری ایران، ۲، ۷۸-۶۵، **۱۳۹۱**.

6. S. Kinoshita, "*Structural Colors in the Realm*", World Scientific Publishing, London, **2008**.

7. D. Stork, "Computer image analysis of paintings and drawings: An introduction to the literature", In Proceedings of the Image Processing for Artist Identification Workshop. **2008**.

۸. م. معین، محمد، "*فرهنگ معین*"، زرین، تهران، **۱۳۸۶**.

۹. م. ابن منظور، "*لسان العرب*"، انتشارات دارالسدر، بیروت، **۲۰۰۰**.

۱۰. ح. محسنی، ب. نفری، "*اطلاعات عمومی هنر*"، عفاف، تهران، **۱۳۷۹**.

۱۱. ح. بختیاری فرد، "*رنگ و ارتباطات*"، ناشر فخراکیا، تهران، **۱۳۸۸**.

۱۲. م. کیانی، محمدیوسف، "*سفال ایرانی*"، نشر نخست وزیری سابق، تهران، **۱۳۵۷**.

۱۳. م کیانی، ، ف. کریمی، ع. قوچانی، "*مقدمه ای بر هنر کاشی گری ایران*"، انتشارات موزه رضا عباسی، اصفهان، **۱۳۶۲**.

۱۴. ی. دانش دوست، "*آثار تاریخی طبس*"، سازمان میراث فرهنگی و انتشارات سروش، تهران، **۱۳۷۶**.

۱۵. د. ویلبر، "*سیر تحول کاشی کاری در ایران*"، معراج، تهران **۱۳۸۹**.

۱۶. م. رئیس زاده، ح. مفید، "*احیای هنرهای از یاد رفته*"، نشر مولی، تهران، **۱۳۹۳**.

۱۷. ف. عنبری‌یزدی، فائزه، "*هندسه نقوش (۱)*"، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، تهران، **۱۳۹۴**.

۱۸. ح. زمرشیدی، "*گره‌سازی در معماری اسلامی و هنرهای دستی*"، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، **۱۳۶۵**.

۱۹. آ. پوپ، آ. اپهام، "*معماری ایرانی ،معماری اسلامی*"، کتابخانه مرکزی و مرکز اطلاع رسانی شهرداری اصفهان، اصفهان، **۱۳۸۸**.

۲۰. ک. حاجی قاسمی، ک. نوایی، "*خشت و خیال*"، سروش، تهران، **۱۳۹۰**.

۲۱. غ. خاتم، "*معماری اسلامی در دوره سلجوقیان*"، موسسه انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، **۱۳۷۹**.

۲۲. م. پیرنیا، "*مصالح ساختمانی، آژند، اندود، آمود در بناهای کهن ایران*"، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران، **۱۳۸۱**.

۲۳. ز. بزرگمهری، زهره، "*اودهای ایرانی*"، سروش دانش، تهران، **۱۳۸۹**.

24. D. N. Wilber, "*The Architecture of Islamic Iran: The Il Khānid Period*", Florida, Greenwood Press, **1969**

۲۵. م. امیدی نژاد، ر. جعفری، م. نصیری، "*تاثیر ویژگی تضاد رنگی بر قابلیت خوانایی*"، نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، ۸، ۱۱-۱، **۱۳۹۷**.

۲۶. س. گندمی، ع. صباغ الوانی، ع. بقایی، ح. سامعی، ر. سلیمی، ا. مصطفوی موسوی، "*نانو رنگدانه‌های دی اکسید تیتانیم سیاه: سنتز، ویژگی‌ها و کاربردها*"، نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، ۸، ۳۸-۲۳، **۱۳۹۷**.