

ارائه دیدگاه‌های جدید در رابطه با الگوهای گل و ستاره در تزئینات اسلامی

دکتر لیدا بلیلان اصل*، دکتر داریوش ستارزاده**، مهندس مریم نوری***، مهندس ساناز خورشیدیان احمر****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۴/۳۱

چکیده

مجموعه تزئینات اسلامی همواره در قالب الگوهای هندسی خاصی متبلور شده‌اند. در رابطه با این الگوها دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. این مقاله با بررسی دیدگاه‌های رایج در رابطه با دو الگوی هندسی گل و ستاره در تزئینات اسلامی، به بررسی و جمع بندی سایر ویژگی‌های این دو شکل هندسی مهم پرداخته شده تا زمینه بررسی بیشتر را برای محققان در آینده فراهم آورد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که این الگوها از طبیعت برگرفته شده‌اند و علاوه بر برخورداری از ویژگی‌های هندسه فرکتال‌ها از جمله خود متشابهی، خرد مقیاسی، بعد اعشار و تکرار شونده‌گی دارای ویژگی‌های دیگری از جمله تقارن، دوران، تناسب، مرکزگرایی و نوزایی می‌باشند که این امر نشان دهنده آن است که در گذشته، هنرمندان اسلامی به خوبی از ابعاد گسترده ویژگی‌های طرح‌های هندسی خود آگاه بوده و از الگوهای پیشرفته‌ای جهت کاشیکاری سطوح استفاده می‌نمودند.

واژه‌های کلیدی

الگو، ستاره، گل، تزئینات اسلامی، هندسه فرکتالی

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه هنر و معماری، تبریز، ایران. (مسئول مکاتبات)

Email: lidabalilan@iaut.ac.ir

** استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه هنر و معماری، تبریز، ایران.

*** کارشناسی ارشد دانشکده معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

**** کارشناسی ارشد دانشکده معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

مقدمه

با توجه به تعاریف متفکران اسلامی از هندسه چنین استنباط می شود که «ریاضیدانان مسلمان برای علم ریاضی یک قدسیت قائل بوده و علاقه خاص به آن داشته اند. شاید این علاقه به ریاضیات (حساب و هندسه) مستقیماً به جوهر پیام اسلامی مربوط شود» (صفا، ۱۳۵۶، ۲۹۶). عشق مسلمانان به ریاضیات، خاصه هندسه و عدد، مستقیماً به لب پیام اسلام مربوط می شود، که همانا عقیده به توحید است» وی در ادامه می نویسد: «در جهان بینی اسلامی ویژگی تقدس ریاضیات در هیچ جا بیشتر از هنر ظاهر نشده است؛ در هنر ماده به کمک هندسه و حساب شرافت یافته و فضائی قدسی آفریده شده که در آن حضور همه جایی خداوند مستقیماً انعکاس یافته است» (نصر، ۱۳۶۶، ۱۴۳). امروزه زمانی که صحبت از خلق فضاهایی با کاربری های پیچیده و سازه هایی انعطاف پذیر پیش می آید، بلافاصله معماری معاصر غرب و مبانی نظری رایج در دنیای مدرن یادآوری می شود و اعتقاد عموم متخصصان بر این است که فقط با معماری های برگرفته از مکاتب غرب که هندسه فضائی خاصی دارند، قادر به خلق فضاهای پیچیده با قابلیت گسترش در ابعاد مختلف فضائی خواهیم بود. در حالی که «معماری اسلامی در ذات خود معماری هندسه گراست» (فلامکی، ۱۳۸۱، ۲۱۰). هر کس با هنر و معماری اسلامی آشنا باشد، به این مطلب توجه خواهد کرد که ریاضیات در اشکال هنرها نقش داشته است و یکی از ویژگی های هنرهای اسلامی وجود نقش های هندسی است که در بیشتر هنرها جلوه گری می کند (فرشاد، ۱۳۶۲، ۲). بدیهی است که معماری هنری است برای نظم بخشیدن به فضا، و معماری قدسی هم به مدد تکنیک های مختلف معماری، هدف اصلی خود را در قرارداد انسان در محضر پروردگار از طریق تقدس بخشیدن به فضایی که می سازد و بدان نظم می دهد، تحقق می بخشد (نصر، ۱۳۷۵، ۴۷). بنابراین هندسه در فضا سازی معماری اسلامی نقش به سزایی دارد و از آنجایی که در معماری، فضا با سطوح تعریف می شود و سطوح در اغلب موارد با تزیینات همراه هستند، ارتباطی درونی در معماری اسلامی بین هندسه و تزیینات وجود دارد. لیکن اندیشه هنرمندان اسلامی آنچنان پر رمز و راز است که هنوز شیوه هنروری آنان به روشنی کشف نگردیده است. این موضوع اندیشمندان غربی را که به پر رمز و راز بودن طرح های هندسی تزیینات اسلامی اذعان داشته اند، برآن داشته تا دسته بندی های مختلفی در جهت کشف این رموز انجام دهند. یکی از دسته بندی های اصلی استفاده از ایده الگو، در طراحی ها و پوشش سطوح است که به الگوهای اسلامی معروف شده اند. در رابطه با ابعاد متنوع این الگوها و چگونگی استفاده از آنها محققان بسیاری

همچون پرفسور راجرز پنروز^۱ از دانشگاه آکسفورد، پرفسور پیترو^۲ از دانشگاه هاروارد، پاول اشتاین هارت^۳ از دانشگاه پرینستون، کیث کریچلو^۴ نویسنده کتاب الگوهای ریاضی، خانم دکتر نجیب اوغلو^۵ از دانشگاه هاروارد، پرفسور امیل ماکوویکی^۶ از دانشگاه کپنهاک، دکتر یوش سولار^۷ از دانشگاه دوک در رابطه با رعایت نسبت های طلایی، ویژگی های غیرپربودیک و شبه کریستالی سطوح کاشیکاری اسلامی، انواع تقارن ها، عدم تکرارپذیری، استفاده از الگوهای پنج و ده ضلعی و چندین ویژگی دیگر تحقیقات گسترده ای انجام داده اند که در این مقاله به نتایج بدست آمده از این تحقیقات و دیگر نظریه های معتبر در این زمینه استناد شده است. نکته قابل توجه تنوع و گستردگی تحقیقات انجام شده از سوی پژوهشگران رشته های مختلف است که این امر اهمیت موضوع این مقاله را دوچندان می نماید، چرا که نشان دهنده این است که از نتایج چنین تحقیقاتی می توان در زمینه های متعدد استفاده نمود و چه بسا تحقیقاتی از این قبیل با امکان دستیابی به قوانین و اجزاء و عناصر سازنده انواع تزیینات معماری و تحلیل فضائی آنها به کمک نرم افزارهای جدید در رشته های مختلف از جمله سازه، با خلق و طراحی فضاهایی با کاربری های متنوع ما را به معماری های پیشرفته ای همچون معماری فرکتالی نزدیک تر سازد. دستیابی به هدف عمده این تحقیق یعنی بررسی دیدگاه های رایج در رابطه با دو الگوی گل و ستاره، جمع آوری داده ها به روش توصیفی و پدیدارشناسانه با بهره گیری از آخرین منابع معتبر انجام پذیرفته است. همچنین جهت تحلیل داده ها و یافته های ناشی از مطالعات از روش تحلیلی - تطبیقی - قیاسی در رابطه با بررسی و جمع بندی نظریه ها و ارائه وجوه متعدد ویژگی های هندسی دو الگوی گل و ستاره استفاده شده است.

الگوی تزیینات اسلامی

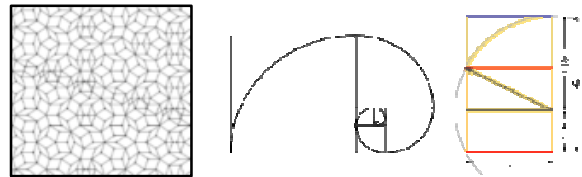
الگو^۸

الگو در فرهنگ لغات دهخدا به معنای «نمونه، طرح» می باشد (لغت نامه دهخدا). یک الگو، یک مدل یا یک سری قوانین است که با استفاده از آن می توان هر چیزی یا قسمتی از یک چیز را تولید نمود. دانش شناسائی الگوها به شناسائی الگو معروف است. الگو در واقع تولید هر چیزی است که با تکرار عجین و سرشته شده باشد. تکرار می تواند زیرالگوها یا زیرالگوهای اصلاح شده بر طبق چند قانون ساده، داشته باشند. الگوها در پدیده های طبیعی، هنر، علوم و ریاضیات به چشم می خورند. سخت پوستان دریایی، تپه سنی، تنگه های بزرگ، سرخس ها، نحوه تقسیم شاخه های یک درخت، کرانه ها و ابرها همچنین فرکتال ها، بلورها، فرش کردن پنزور نمونه هایی از الگوها هستند (محمودی نژاد، ۱۳۸۸). فرهنگ لغات تعاریف متعددی از الگو ارائه

می دهد که هر کدام به نحوی مرتبط با موضوع مورد بررسی هستند از جمله: ترتیب قرارگیری قسمت های تکراری یا متشابه اجزا، موتیف‌های تزئینی و یک طرح تزئینی - یک سبک - نقشه یا نمونه ای که به عنوان راهنما در ساختن شیئی مورد استفاده قرار گیرد - مسیر متداول یک حرکت یا فعالیت - مدلی ارزشمند برای تقلید - یک نمونه به عنوان نماینده کل (بل، ۱۳۸۲، ۲۳). ما دنیای اطراف خود را می بینیم و سپس با خلاصه کردن آن به صورت علت و معلول و استناد به راه حل هایی که در شرایط مختلف تکرار می شوند، ساختار آن را درک می کنیم. این قوانین تجربی که نمایانگر نظم و قاعده رفتار هستند «الگو» نامیده می شوند (الکساندر، ۱۳۸۶، ۲۰۵). انسان از دیرباز الگوهای تزئینی، نمادین یا با اهداف مذهبی را خلق می کرده است. بازشناسی الگوها از این نظر اهمیت دارد که می توان به کمک آن دنیای اطراف را درک نمود، یک زبان توصیف و تحلیل را بسط داد و از این طریق ارتباطی بین الگوهای مختلف، فرآیندهای تغییر دهنده منظر و واکنش های احساسی و زیبایی نسبت به آنها ایجاد نمود (بل، ۱۳۸۲، ۱۳) وجود الگو در هر مقیاسی ممکن است. الگوها را به یک میزان می توان برای جزئیات انسانی بناها، طرح کلی استقرار یک بنا، محیط زیست، وجوه اجتماعی کلان برنامه ریزی شهری، اقتصاد منطقه ای، مهندسی سازه و جزئیات اجرایی ساختمان مطرح کرد (الکساندر، ۱۳۸۶، ۲۰۵).

دیدگاه صائب نظران در مورد الگوی تزئینات اسلامی

پیدایش مفاهیم نوین ریاضیات و کاربرد آن در زمینه های مختلف علوم و فناوری در دهه های اخیر، انقلابی عظیم در زندگی بشر ایجاد نموده است. مباحثی چون هندسه فرکتال، منطق فازی، هوش مصنوعی و از جمله این مفاهیم است. هنرمندان اسلامی به مفهوم هندسه ای که از فرم های طبیعی گرفته شده بود واقف بوده اند که این هندسه بعدها به نام هندسه فرکتال شناخته شد. ویژگی الگوهای اسلامی برپایه معادلات دقیق ریاضی استوار بوده و هنرمندان اسلامی پانصد سال پیش از کشف این اصول در غرب از این هنرها استفاده

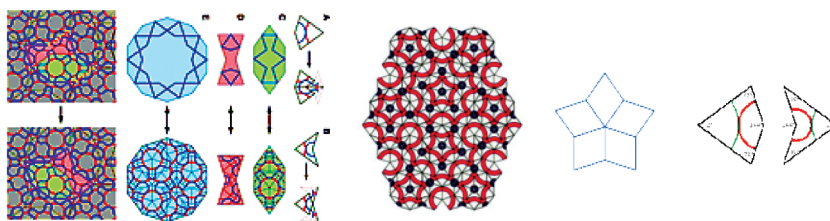


شکل ۱. از راست به چپ: نسبت طلایی و رعایت نسبت طلایی در چیدمان پن رز، (مأخذ: دکزی، ۱۳۸۸، ۲)

می کرده اند و طبیعت با دارا بودن الگوهای پیشرفته ریاضی همواره سرمشق و منبع الهام مهندسان و هنرمندان در دنیای اسلام بوده است. شناخت ویژگی های هندسه فرکتال و هندسه تزئینات اسلامی در ارتباط با نیاز کشورهای اسلامی در زمینه همگام با شرایط دنیای معاصر امری ضروری است. قابل ذکر است که نظریه فرکتال جهت توصیف پیچیدگی در اشکال به کار می رود (پناهی و همکاران، ۱۳۸۸، ۶۱). شیوه هنروری هنرمندان اسلامی که در معماری آنها ظاهر گردیده، محققان را در سراسر جهان شیفتهی خود کرده است. اگر بخواهیم به توجه جهانی از پیشرفت های جهان اسلام صحبت کنیم می توانیم به مواردی اشاره نماییم؛ در دهه های ۱۹۷۰ میلادی در غرب، پروفیسور راجر پنرز اولین فردی بود که توانست الگوی تزئینات اسلامی را توضیح دهد. وی دریافت که با استفاده از زیر مجموعه ای از کاشی هایی که با اصول مشابهی تولید شده اند و مونتاژ آنها بر اساس مجموعه ای از قواعد هماهنگ سازی از پیش تعریف شده می توان کاشیکاری های نامتناوب از سطح، یعنی الگوهای تنها با تقارن موضعی ایجاد نمود که امکان بسط و گسترش نامحدود آنها بدون تکرار وجود دارد (Penrose, 1989, 69-110).

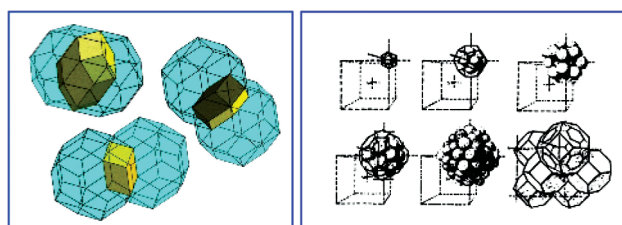
او توانست با در نظر گرفتن این پنج ضلعی ها الگویی پنج تایی با شکلی بسازد که از آن به عنوان کایت و دارت نام برده میشود. او نخستین غربی بود که این حساب را کشف کرد و در آن زمان گمان می کرد نخستین کسی است که به این موضوع پی برده است. خلاقیت وی به خلق خواص ریاضیاتی منجر شد در این دسته بندی ارائه شده توسط او هر دسته می تواند حاوی تعداد مشخصی از کایت ها و دارت هایی باشد که می توانند تا بی نهایت و بدون تکرارپذیری الگوهای کوچکتری از کایت ها و دارت ها را بسازند. هر چقدر تعداد این اشکال ریز افزایش پیدا کند آنگاه نسبت کایت ها به دارت ها به نسبتی موسوم به «نسبت طلایی» می رسد (شکل ۱). شمار آنها به طور حتم ریاضی دانان را متحیر می کند. نسبت طلایی بنا به یافته های فیثاغورث، گنگ خواهد بود (رقم دقیق آن 1.61803398871 خواهد بود)، یعنی این که می توانند به رقم های اعشاری بی نهایت تعمیم یابند (دکزی، ۱۳۸۸، ۲) چیدمان غیرپریودی پین رز، چیدمانی است که با مجموعه ی مرحله ای از طرح اصلی به وجود می آید. در ریاضیات مدرن الگوی تکرار ناپذیری در سطوح صاف به عنوان هندسه مدرن شناخته می شود. این الگوها ارتباط نزدیکی نیز با شبه بلورها دارند، نوع جدیدی از آرایش های متالیک که در دهه ۱۹۸۰ کشف شدند و باعث ایجاد انقلابی در زمینه بلورشناسی گردیدند. حال آنکه به گزارش خبرگزاری استرالیا^۱، محققان در مجله ی ساینس^۱ نوشتند:

تا قرن پانزدهم میلادی، الگوهای کاشی های زینتی در معماری های



شکل ۲. از راست به چپ: اشکال کایت و دارت، تشکیل ستاره با کایت و دارت، چیدمان پنرز، تحلیل لو و هارت از شبه کریستالی بودن کاشیکاری کایت و دارت پنرز

(Source: Lu et al., 2007; Tennant, 2008; Penrose, 1989, 69–110).



شکل ۳. شبکه های کریستال نما و شبه بلوری

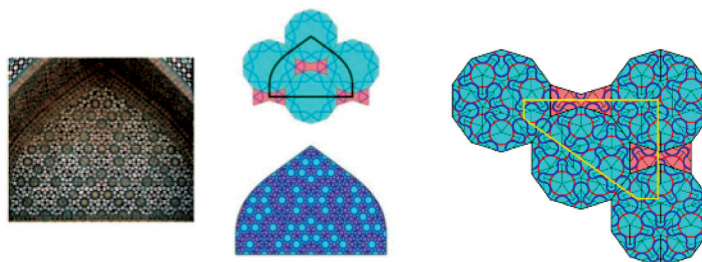
(Source: Subramaniam, 2004)

به جهان معرفی کرد اما این الگوهای یافت شده بسیار فراتر از حساب جبر پایه هستند و از الگوهای ریاضی بسیار پیشرفته استفاده می کنند (Lu et al, 2007). آنها معتقدند هنرمندان مسلمان با به کارگیری این اصول به آثاری دست یافته اند که تکرار آنها در طول تاریخ غیرممکن است (انیسی، ۱۳۸۹، ۲۰). آنها به ویژه به طرح های درب «مسجد امام» اصفهان در ایران که در سال ۷۳۱ شمسی (۱۴۵۳ میلادی) ساخته شده است، استناد می کنند و می گویند برای مثال درب مسجد امام اصفهان (شکل ۴) از این نوع آثار غیر قابل تکرار است (همان).

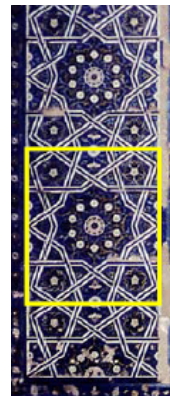
همچنین «پیترو لو» در سفر به «ازبکستان»، متوجه بنایی اسلامی مربوط به قرن شانزدهم میلادی^{۱۳} می شود که با کاشی های ده ضلعی دارای طرح های گرافیکی مزین شده بود (شکل ۵). این طرح ها حس کنجکاو

بسیار ماهرانه اسلامی به حدی از پیچیدگی رسیده بود که اگر به آن طراحی های «کریستال نما»^{۱۱} اطلاق شود کمی اغراق آمیز است (شکل ۲) (Subramaniam, 2004 ; Gardner, 1988 ; Lu et al., 2007). از ویژگی های الگوهای کریستال نما واحدهای درهم قفل شده ای (باله برای قفل و بست)^{۱۲} است که هرگز تکرار نمی شود، حتی زمانی که در تمام جهت ها به طور نامحدود امتداد یابد و دارای شکل ویژه ای از تقارن است (همان) (شکل ۳).

پیترو لو و پاول اشتاین هارت در یک گزارش مجله علوم نوشته اند که در بسیاری از کاشیکاری های بناهای اسلامی متعلق به ۵۰۰ سال پیش توانسته اند الگوهای فراوان ریاضی پیدا کنند که تا دهه ۱۹۷۰ برای غربی ها ناشناخته بوده است. این اسلام بود که حساب جبر را



شکل ۴. درب مسجد امام اصفهان و تحلیل الگوی هندسی تزیینی آن توسط لو و هارت (Source: Lu et al. 2007)



شکل ۵. آرامگاه تیموری آقا مسلم در مجموعه شاه زند سمرقند ازبکستان و تحلیل الگوی هندسی تزئینی آن توسط لو و هارت (Source: Lu et al., 2007)

وی را نسبت به کاشیکاری‌های شبه بلورین اسلامی تحریک می‌کند. او بیان می‌کند: «این کاملاً حیرت آور است. می‌توانید تحقیق کنید و سیر تکاملی مهارت‌های رو به تزاید هندسی را مشاهده فرمایید؛ این طرح‌ها به گونه‌ای است که از الگوهای ساده شروع می‌شود و همواره به طرح‌های پیچیده‌تر ختم می‌شود». وی می‌گوید: یافته‌های جدید بیانگر آن است که فرهنگ اسلامی حتی پیشرفته‌تر از آن بود که بخواهیم تصور کنیم. «لو» در این باره می‌گوید: «دامنه کار در این آثار و به هم پیوستگی‌ها در نگاه اول علاوه بر تقارن، بسیار ساده به نظر می‌رسد اما به کار بردن احجام ۱۰ بعدی با این تقارن نشان از به کار بردن معادلات بسیار دقیق دارد. قرار دادن صدها ۱۰ ضلعی در کنار هم واقعاً کاری فوق العاده است. به نظر می‌رسد این هنرمندان با استفاده از کاشی‌هایی مخصوص که با تغییر شکل آثار هنری به آن دست یافت به این شاهکارها دست یافته‌اند» (Lu et al., 2007). به گفته هارت، مسلمانان در دوران قرون وسطی و بعد از آن همواره از این الگو استفاده کرده‌اند و همواره تلاش کرده‌اند آن را در طرح‌های خود به کار گیرند. آقای «لو» با بررسی این بناها می‌گوید: این که این الگوها به کجا ختم می‌شوند و به صورت هوشمندانه‌ای در درها و پنجره‌ها به کار رفته‌اند مسئله‌ای است که نمی‌توان مشخص کرد. به گفته وی، با وجود این که الگوی پنز به قرن ۱۴ یا ۱۵ باز می‌گردد، اما این اشکال کاشیکاری در دنیای اسلام از صدها سال قبل از آن به کار گرفته شده است (همان). در تمامی تصاویر پیوستگی، تقارن، شبه کریستالی بودن و تکامل این تزئینات مشاهده می‌شود. «کیث کریچلو» نویسنده کتاب «الگوهای ریاضی اسلامی» اعلام کرد: جالب این است که این الگوها در تمام این مدت مقابل دیدگان غربی‌ها قرار داشته‌اند و قادر به مطالعه آنها نبوده‌اند. اکنون که این توانایی به دست آمده است، دریافته‌اند که اسلام

در دوره قرون وسطی تا چه اندازه پیشرفته بوده است. کسی نمی‌داند که نام این الگوهای ریاضی پیچیده در آن دوران چه نام داشته است اما اکنون دانشمندان آن را «کریستال کاملاً نامتقارن نیمه‌متناوب»^{۱۴} می‌نامند. آنها از الگوی کاشی‌های هرمی برخوردارند و با چرخش یک سوم در آن، قابل شناسایی هستند. همین قانون برای کاشی‌های مستطیلی نیز پیروی می‌کند که با چرخش یک چهارم قابل شناسایی هستند اما برای کاشی‌های شش گوش چرخش یک ششم لازم است. اما این شبکه‌ها بدون وجود پنج‌ضلعی‌ها کامل نمی‌شوند و بدون رعایت فاصله میان آنها در کنار هم جفت نمی‌شوند و نمی‌توان آنها را با چرخش یک پنجم در کنار هم قرار داد. تحقیقات بیانگر آن است که تا ۱۲۰۰ سال – همان گونه که این طرح‌ها مشخص است – پیشرفت‌های مهمی در طرح‌ها و ریاضیات اسلامی پدید آمد. با توجه به فرهنگ اسلامی که در آن استفاده از تصاویر انسان و حیوانات در آثار تاریخی ممنوع است در این آثار از اشکال و ستاره‌های هندسی استفاده شده است. لو و هارت در تحقیقات خود که در مجله ساینس چاپ شده است نشان داده‌اند هنرمندان مسلمان در قرن سیزدهم استفاده کردن از این الگوی هندسی را در کاشیکاری‌های خود آغاز کرده‌اند. تاریخ شناسان هنر تاکنون فرض می‌کرده‌اند که در کاشیکاری‌ها هنرمندان از روشی مبتدی استفاده می‌کرده‌اند اما مطالعات جدید نشان می‌دهد هنرمندان مسلمان از هندسه چندبضلعی در کارهای خود استفاده کرده‌اند. پروفیسور امیل ماکوویکی نیز در دانمارک در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی متوجه شد که رابطه‌ای بین این طرح‌ها و شکلی از طرح‌های شبه بلورین وجود دارد. وی به‌ویژه شیفته مقبره‌ای در مراغه (ایران) شده بود (شکل ۶) (Critchlow, 2004, 57). گلرو نجیب اوغلو می‌گوید: خلقت انسان مشابه هم است و شکل مشخصی دارد که از عجایب خلقت خداوندی است. برخی از الگوهای هندسی به عنوان مثال در سیارات و ستارگان یافت می‌شوند (Ibid, 32).

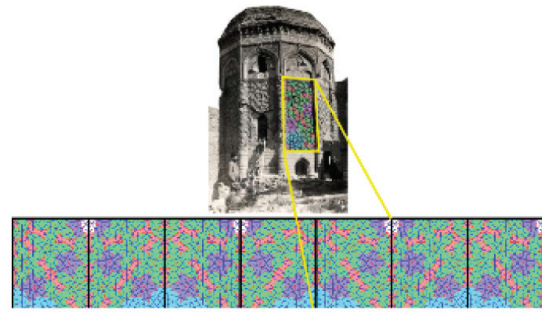
البته این تحقیقات واکنش‌های مختلفی نیز داشته است: پنروز که خودش الگویی خاص در کاشی‌کاری دارد می‌گوید: «الگوهای اسلامی حقیقتاً استثنایی و فوق العاده است. الگوهای به کار رفته در مسجد امام با الگوهای کاشی‌کاری من هیچ شباهتی ندارد اما هندسه‌ای که هنرمندان اسلامی در کارهای خود به کار برده‌اند ستودنی است» (Penrose, 1989, 34). یوشع سوکولار که تحقیقات زیادی در مورد شبه کریستال‌ها دارد اینچنین اظهار نظر کرده است: «هنوز معلوم نیست که هنرمندان اسلامی در قرون وسطی به‌طور کامل از خواص ریاضی الگوهایی که ساخته‌اند واقف باشند»، وی چنین می‌افزاید: «خیلی خنده‌دار خواهد بود که کسی به‌طور غیرمنتظره و در متقاعدکننده‌ترین حالت مدعی شود که از کاشیکاری‌های بزرگتر دریافته است که مسلمانان از هندسه بیش از آنچه

تقسیم بندی الگوهای اسلامی از دیدگاه صاحب نظران

از دیدگاه برخی از صاحب نظران الگوهای هندسی اسلامی بر اساس شکل هندسی که از خود نشان می دهد، نام گذاری می گردد. به این ترتیب در بیشتر موارد به دو صورت الگوهای ستاره ای شکل^{۱۵} و گل شکل^{۱۶} بررسی شده است.

الگوهای ستاره ای شکل

کل های پیچاپیچی اسلامی که معمولاً از یک یا چند شکل منتظم پرداخته می شوند، در انحنا و دواپر می افتند و به نقش ستارگان چند پر معمولاً شش یا هشت پر و یا مضربسی از آنها درمی آیند و این بدان معناست که تناسبات وابسته به یک نقش در سطح گسترش طرح، تکرار می شود. شکل اصلی متناوباً مشاهده می شود و گاهی اوقات حالت طبیعی خود را به اندازه ای از دست می دهد که تشخیص آن کاملاً دشوار می باشد، از دو مربع تشکیل شده است که در داخل دایره محصور شده و یک ستاره هشت پر را به وجود آورده است (Ronning, 2008, 33). این ستاره ها دارای ۴، ۵، ۶ و ۷ پر می باشند که از آینه ساخته شده اند. ستاره های ۷ پر (هپتاگرام) غیر منتظم بوده و هیچکدام از اضلاع یا



شکل ۶. گنبد کیود مراغه در ایران و تحلیل الگوی هندسی تزئینی آن از بعد شبه کریستالی بودن توسط لو و هارت،
(Source: Lu et al., 2007)

امروز می دانیم می فهمیده اند! دانشمندان اکنون می دانند که مسلمانان در آن دوران می توانستند معادلات جبری به توان ۳ و فراتر از آن را حل کنند، معادلاتی که بسیار دشوارتر از معادله دو مجهولی است و اساس جبر به شمار می رود. مسلمانان همچنین دارای حسابگرهای مکانیکی بودند و در علم داروشناسی و ستاره شناسی پیشرفته تر از اروپایی ها بوده اند اما با این حال جای تأسف است که تعداد اندکی از این دانشمندان درباره یافته های خود کتاب و یا اثر به رشته تحریر درآورده اند (Socolar, 1989).

جدول ۱. الگوهای ستاره ای شکل مهم، ارائه شده توسط پنروز، هنری، تحلیل و ترسیم: نگارندگان
(Source: Penrose, 1989; Ronning, 2008; Henry, 2007)

الگوهای ستاره ای شکل			
نام فرد یا گروه آرایه دهنده	شکل های تشکیل دهنده ستاره و چگونگی ترکیب آن ها	مراحل تشکیل ستاره	نمونه تزئین
	چیدمان کایت و دارت	کایت (نیمه) دارت (نیمه)	
راجر پترز ۱۹۷۰	چیدمان لوزی شکل ساخت بوسیله سیستم ال	ستاره خورشید	
ریچارد هنری ۲۰۰۷ (بر اساس نظریه پترز)			مسجد وکیل، شیراز

جدول ۲. الگوهای ستاره ای شکل مهم، ارائه شده توسط عباس و سلمان، سرهنگی و کیلان تحلیل و ترسیم: نگارندگان. (Source: Kaplan, 2002; Aljamali & Bonissi, 2003)

الگوهای ستاره ای شکل			
			کریگ اس. کیلان ۲۰۰۲ گرونیوم و شپارد
			کریگ اس. کیلان ۲۰۰۲ گرونیوم و شپارد
			احمد ام. الجمالی و عیاد بانسی ۲۰۰۳ دیپلوم کن. چریاچی

جدول ۳. الگوهای ستاره ای شکل مهم، ارائه شده توسط کیلان، گرونیوم و شپارد، الجمالی و بانسی، چریاچی، تحلیل و ترسیم: نگارندگان (Source: Sarhangi, 1999; Ronning, 2008; Kaplan, 2002)

الگوهای ستاره ای شکل			
			عباس و سلمان ۱۹۹۵
			رضا سرهنگی ۱۹۹۹
			کریگ اس. کیلان ۲۰۰۲ (روش هانکین)

زوایای آن متجانس نمی باشند. این ستاره ها با برش های هندسی به یکدیگر متصل شده اند که با ستاره هایی با پر های تیزتر احاطه شده اند که جهت آنها به سمت مرکز می باشد. در برخی موارد، هنگامی که هنرمند برای پوشاندن سطح هر کدام از ستاره های پنج پر به جای آینه از کاشی استفاده می کند، توالی دیگری از ستارگان مشاهده می شود که شباهت بسیاری به کل سطح دارند (Sarhangi, 1999, 87-97). چند نمونه از الگوهای ستاره شکل در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

الگوهای گل شکل

گل های گرد دارای سابقه ای طولانی بوده و حداقل ۶۰۰۰ سال قدمت دارند و در فرهنگ هایی مانند مصریان، بابلیان، آشوریان و یونانیان متداول بوده اند. نمونه هایی از برخی ترتیبات جذاب دایره های زیبا در معبد اوزیریس (برای مثال، به اصطلاح گل و بذر زندگی) در کتاب جامع راولز ارائه شده است. بعدها در معماری رم، این گل ها به عنوان الگوهای تزئینی رایج برای کف بناها مورد استفاده قرار گرفتند. جدیدترین پدیده، مربوط به افزایش تعداد دایره های برش خورده می باشد. با نادیده گرفتن موضوع صحت منشأ فرازمینی آنها، باید عنوان کرد که بسیاری از آنها دربرگیرنده دایره های متقاطعی

می باشند که باعث به وجود آمدن الگوهایی گل مانند می گردند. در حقیقت، گل های گرد در قسمت های غیر منتظره فراوانی مانند تزئینات درهای ورودی بنا تا الگوهای گرهی لئوناردو داوینچی، صفحات ساعت و حتی پرچین باغ ها مشاهده می شود. گل های گرد با انتخاب یک دایره و دوران آن حول یک نقطه یعنی مرکز گل به وجود می آیند (Rosin, 2001, 113-126). آلبرت دورر در کتاب خود تحت عنوان «دستورالعمل اندازه گیری با قطب نما و صافی» توضیحاتی در رابطه با روشی برای طراحی الگوهای کف، دارای گل های گرد و ایجاد تعداد زیادی منحنی ارائه می دهد که از این بین می توان به منحنی ترسیم شده بر نقطه ای بر روی محیط دایره ثابتی اشاره کرد که در خارج دایره می چرخد. روزین در مقاله خود با عنوان «گل ها و سایر ترتیبات دایره ای» به تشابه میان گل ها و هایپوترو کویدها^{۱۹} اشاره می کند و می نویسد: «مقایسه گل با یک منحنی تحلیلی به نام هایپوترو کوید کار جالبی است. این منحنی با تعیین یک نقطه ثابت روی دایره ایجاد می شود که در داخل دایره ثابت دیگری در حال گردش می باشد. شکل ساده شده ای که به وسیله معادلات پارامتری ارائه می شود باعث ایجاد الگوهایی می شود که شباهت بسیاری به گل های دایره ای دارد.» می توان حدس زد که آلبرت دورر نیز به این تشابه پی برده است. او

نتیجه‌گیری

بررسی الگوهای ستاره و گل شکل به روشنی نشان می‌دهد که این الگوها ویژگی‌های لازم جهت قیاس با هندسه فرکتال را دارد و دارای ویژگی‌های خودمشابهی، خردمقیاسی، بعد اعشاری و تکرار شونگی، تقارن، دوران، تناسب، نمادگرایی و مفهوم گرایی می‌باشند. این سؤال مطرح بود که آیا تمامی این ویژگی‌ها به صورت تصادفی حاصل شده و هنرمندان اسلامی اطلاع دقیقی از ویژگی‌های هندسی و استثنائی طرح‌های خود بی‌خبر می‌بوده‌اند؟ به جرأت می‌توان ادعا نمود که این همه تصادف امکان‌پذیر نیست چرا که این هنرمندان علاوه بر برخورداری از دانش ریاضی، همواره از طبیعت به عنوان منبع الهام اصلی بهره‌گرفته‌اند. در جدول ۶ جهت درک بهتر موضوع به بررسی و نمایش ویژگی‌های یک الگوی ستاره‌ای شکل و یک گل شکل می‌پردازیم تمامی ویژگی‌های مذکور پیشتر از آن در عناصر طبیعی از قبیل انواع گیاهان، دانه‌های برف، ابرها و غیره موجود است. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان می‌دهد که:

- خود‌مشابهی یکی از ویژگی‌های مربوط به استفاده از تناسبات

علاوه بر آثار هنری خود به این نتیجه رسید که ریاضیات می‌تواند ابزاری قدرتمند در اختیار قرار دهد. هایپوتروکوئید تنها منحنی با ظاهری مشابه این گل‌ها نمی‌باشد. در سال ۱۷۲۸، گوئیدو گرنند کتابی را با عنوان «فلورس هندسی»^{۲۱} منتشر نمود که به توضیح منحنی‌هایی می‌پرداخت که در ایجاد الگوهای گل مانند مورد استفاده قرار می‌گرفتند (همان). چند نمونه از الگوهای گل شکل در جدول ۴ و ۵ آورده شده است. هندسه پیچیده‌ای که در الگوهای تزئینات اسلامی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان‌دهنده تلاش هنرمندان برای بیان احساسات و عواطف، و همچنین اعتقادات و فلسفه آنها از طریق طرح‌های پیچیده هندسی می‌باشد. هندسه این الگوها خیلی فراتر از آن چیزی است که صاحب نظران عنوان کرده‌اند و روابط ریاضی خاصی بین این نقوش وجود دارد. نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های الگوی تزئینات نشان می‌دهد که هنرمندان اسلامی، به مفهوم هندسه فرکتال واقف بوده‌اند و اطلاعاتی نیز از هندسه فضای سه بعدی غیراقلیدسی داشتند که برخی از آنها دارای ماهیت شبه کریستالی می‌باشند. بررسی ویژگی فرکتالی‌گره‌ها در مقاله دیگری توسط نگارندگان به طور مفصل انجام شده است (بلیان اصل و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۵. الگوهای گل شکل مهم، ارائه شده توسط کپلان و هنری تحلیل و ترسیم: نگارندگان
(Source: Henry, 2007; Kaplan, 2004)

الگوهای گل شکل			
نمونه تزئین	مراحل تشکیل ستاره	شکل‌های تشکیل دهنده ستاره و چگونگی ترکیب آن‌ها	نام فرد یا گروه ارائه دهنده
			کارگ اس. کپلان ۲۰۰۲
			کارگ اس. کپلان ۲۰۰۲
			هنری ریچارد ۲۰۰۷

جدول ۴. الگوهای گل شکل مهم، ارائه شده توسط دور و روزین، سلمان، سرهنگی و کپلان
(Source: Sarhangi, 1999; Kaplan, 2004)

الگوهای گل شکل			
نمونه تزئین	مراحل تشکیل ستاره	شکل‌های تشکیل دهنده ستاره و چگونگی ترکیب آن‌ها	نام فرد یا گروه ارائه دهنده
			گاردنر ۱۹۶۵ آلبرت دورر ۱۹۷۷ بل روزین ۲۰۰۱
			رضا سرهنگی ۱۹۹۹
			کارگ اس. کپلان ۲۰۰۲

جدول ۶. جدول جمع بندی ویژگیهای دو الگوی گل و ستاره

ویژگی نمونه الگو	خود متشابهی	خرد مقیاسی	بعد اعشاری	تکرار شونده‌گی	تقارن	دوران	تناسب	نمادگرایی	مفهوم گرایی

و ویژگی های ظاهری و مادی که یا در ظاهر نمایان است و یا نشانگر و یادآور مفهومی خاص می باشد نماد و تحت عنوان «نمادگرایی» نامیده می شود. مثلاً دایره نماد آسمان و مربع نماد زمین است، در حالیکه دارای مفاهیم عرفانی بسیاری نیز هستند. در دایره مفاهیمی از قبیل کشش، پایداری و ناپایداری و بی‌نهایتی و در مربع مفاهیم ایستایی، ثبات، برابری، وحدت نهفته است. اعداد و بعد به کار رفته در الگوها نیز نماد و مفهوم دارند. به طور مثال سه ضلعی نشانه ای برای روح آدمی، در چهار ضلعی خطوط عمودی نماد نزول رحمت از سوی خداوند و خطوط افقی نماد توازن مخلوقات و عدل خداوندی است.

تقدیم و تشکر

این طرح برگرفته از طرح پژوهشی تحت عنوان «بررسی ویژگی هندسی تزئینات معماری مساجد ایران از دیدگاه هندسه فرکتال» می باشد که با اعتبارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انجام پذیرفته است.

پی نوشت ها

۱. Roger Penrose: ریاضیدان و کیهان‌شناس انگلیسی
۲. Peter Lu: دکتر، محقق در دانشکده فیزیک و دانشکده مهندسی و علوم کاربردی در دانشگاه هاروارد در کمبریج، ماساچوست است. او به خاطر کشف خود در مورد گره و الگوهای شبه کریستالی در معماری اسلامی شناخته شده است.
۳. Paul Steihaardt: پیتر لو و اشتاین هارت به این نتیجه رسیدند که "در بسیاری از کاشیکاری‌های بناهای اسلامی متعلق به ۵۰۰ سال پیش توانسته‌اند الگوهای فراوان ریاضی پیدا کنند که تا دهه ۱۹۷۰ برای غربی‌ها

در الگوها می باشد. در خود متشابهی، هر شکل از قطعات کوچکتری تشکیل شده است که این قطعات با شکل اولیه متشابه اند. به عبارت دیگر وقتی که یکی از قطعات کوچک تشکیل دهنده به مقیاس شکل اصلی می رسد دقیقاً همان شکل به دست می آید.

در الگوهای تزئینات اسلامی خرد مقیاسی دیده می شود یعنی در هر مقیاسی یکسان به نظر می رسند. این الگوها از زیر مجموعه‌های کوچکتری تشکیل شده‌اند. این زیر مجموعه‌ها نیز شبیه مجموعه‌های بزرگتر هستند.

الگوهای تزئینات و ویژگی بعد اعشار را دارند، یعنی ابعاد منحصر به فردی دارند که به صورت ریاضی تعریف شده اند.

الگوهای تزئینات اسلامی تکرار شونده‌گی دارند یعنی اشکال هندسی به وسیله یک پروسه تکرار شونده شکل می گیرند که هر تکرار از نتیجه قبلی اش ساخته شده است.

اشکال این الگوها متقارن هستند و دوران دارند. تقارن به معنی تعادل، تکرار بخش ها یا همسانی ساده اشکال می باشد.

اشکال این الگوها تناسب دارند. تناسبات طلایی به عنوان مثالی از مقیاس خود متشابه از دیرباز ابزار تناسبات مناسبی برای معماران بوده است.

الگوهای تزئینات و ویژگی مفهوم گرایی و نمادگرایی را دارند. شکل‌گیری الگوها، عناصر بصری هندسی شامل اعداد و اشکال نقش اصلی را ایفا می کنند. ساختار هر الگو بر مبنای این عناصر شکل می‌گیرد و لذا یک نقش زبانی گویا است که مجموعه اعضای متشکله آن هماهنگ و حاوی مفهوم باشد. ویژگی های نهفته در اشکال و اعداد که همواره در ظاهر آن نمایان نیست و مفهومی عرفانی و گاه فلسفی و در واقع فراتر از شکل مادی و صوری آنها دارد را مفاهیم عرفانی و تحت عنوان «مفهوم گرایی»

ناشناخته بوده است. این اسلام بود که حساب جبر را به جهان معرفی کرد اما این الگوهای یافت شده بسیار فراتر از حساب جبر پایه هستند و از الگوهای ریاضی بسیار پیشرفته استفاده می کنند.

۴. Keite kritchlu: مدرس، نویسنده و استاد معماری در انگلستان و از بنیانگذاران آکادمی Temenos است.

۵. Gulru Nacipoglu: یکی از اساتید دانشگاه هاروارد.

۶. پروفیسور «امیل ماکوویکی» (Emil Makovicky) از دانشگاه کپنهاک (Copenhagen) در دانمارک در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی متوجه شد که رابطه‌ای بین این طرح‌ها و شکلی از طرح‌های شبه‌بلورین وجود دارد. وی به‌ویژه شیفته مقبره‌ای در مراغه (ایران) شده بود.

۷. Joshua Socolar: فیزیکدان و استادیار دانشگاه دوک.

8. Pattern
9. Australian Broadcasting Corporation's Gateway to Science
10. Science
11. Quasicrystalline
12. Interlockin
13. Timurid Tuman Aqa Mausoleum in the Shah-i Zinda complex in Samarkand, Uzbekistan
14. quasiperiodic crystal with forbidden symmetry
15. Star pattern
16. Rosete pattern
۱۷. Albert Durer: یکی از ریاضیدانان معروف رنسانس (حداقل از لحاظ انتشار اولیه هندسه نه از لحاظ بسط این حوزه).
18. Unterweisung der Messung mit dem Zirkel und Richtscheit
19. Hypotrochoid
20. Guido Grand
21. Flores Geometrici

فهرست مراجع

۱. الکساندر، کریستوفر. (۱۳۸۶). معماری و راز جاودانگی (راه بی زمان ساختن). (مهرداد قیومی بیدهندی، مترجم). تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات.
۲. انیسی، علیرضا. (۱۳۸۹). مسجد جامع فهرج؛ ارزیابی مجدد. هویت شهر. ۵ (۷)، ۱۵-۲۲.
۳. بل، سایمون. (۱۳۸۲). منظر: الگو، درک و فرآیند. (بهناز امین زاده، مترجم). تهران: دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ.
۴. بیلان اصل، لیدا؛ ستارزاده، داریوش؛ خورشیدیان امیر، ساناز؛ نوری، مریم. (۱۳۹۰). بررسی ویژگی‌های هندسی گر ه‌ها در تزئین‌های اسلامی از دیدگاه هندسه فرکتال، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات شهرهای ایرانی اسلامی، ۶ (۸۳-۹۶).
۵. پناهی، سیامک؛ مختاباد امرئی، سید مصطفی؛ و کریمی خیای، ارسلان. (۱۳۸۸). فرش شهری، مقدمه‌ای بر شهرسازی فولدینگ. هویت شهر. ۳ (۵)، ۵۹-۷۱.
۶. دکزی، گیورگی. (۱۳۸۸). ناگرانمندی کرانمند. (حمیدرضا کرمی، مترجم).

تهران: پرچین.

۷. صفا، ذبیح اله. (۱۳۵۶). تاریخ علوم عقلی در تمدن اسلامی، تا اواسط قرن پنجم. ج ۱. تهران: امیرکبیر.

۸. فرشاد، مهدی. (۱۳۶۲). تاریخ مهندسی در ایران. تهران: بلخ.

۹. فلامکی، منصور. (۱۳۸۱). ریشه‌ها و گرایش‌های نظری معماری. تهران: نشر فضا، مؤسسه علمی و فرهنگی فضا.

۱۰. محمودی نژاد، هادی. (۱۳۸۸). معماری زیست مینا. تهران: طحان.

۱۱. نصر، سید حسین. (۱۳۶۶). علم در اسلام. (احمد آرام، مترجم). تهران: سروش.

۱۲. نصر، سید حسین. (۱۳۷۵). هنر و معنویت اسلامی. (رحیم قاسمیان، مترجم). تهران: دفتر مطالعات دینی هنر.

13. Aljamali, M. & Banissi, E. (2003). *Grid Method Classification of Islamic Geometric Patterns*. WSCG. February. Plzen: Czech Republic.

14. Critchlow, K. (2004). *Islamic Patterns: An Analytical and Cosmological*. England: Schocken Books.

15. Gardner, M (1988). *Penrose Tiles to Trapdoor Ciphers*. New York: W H Freeman & Co.

16. Henry, R. (2007). Pattern, Cognition and Contemplation: Exploring the Geometric: Art of Iran. *Iran Society*. Public lecture at the Middle East Association on April 27. (pp. 1-10). Middle East: Association.

17. Kaplan, C. S., Salesin, & David, H. (2004). Islamic Star Patterns in Absolute Geometry. *ACM Transactions on Graphics*. 23(2), 3-11.

18. Kaplan, C.S. (2002). *Islamic Star Patterns from Polygons in Contact*. Waterloo: School of Computer Science, University of Waterloo.

19. Lu, P. & J., Steinhardt. & Paul, J., (2007). Decagonal and Quasicrystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture. *Science journal*. 315 (5815). 1106-1110

20. Penrose, R. (1989). Aperiodicity and Order. *The Mathematical Intelligencer*, 2(1), 32-37.

21. Ronning, F. (2008). *Islamic Patterns and Symmetry Group*. University of Exeter, Retrieved 18 April 2014, from <http://www.Citeseerx.ist.psu.edu>.

22. Rosin, P. (2001). Rosettes and Other Arrangements of Circles. *Nexus Network Journal*. 3(2), 113-126.

23. Sarhangi, R. (1999). The Sky Within: Mathematical Aesthetics of Persian Dome Interiors. *Nexus Network Journal*, 1(3), 87-97.

24. Socolar, J.E.S. (1989). *Simple octagonal and dodecagonal quasicrystals*. Cambridge: Harvard University. Massachusetts

25. Subramaniam, A. (2004). Structure Of Quasicrystals And Related Phases. *The Materials Research Society*, 643, 1-7.

26. Tennant, R. (2008). Medieval Islamic Architecture, Quasicrystals, and Penrose and Girih Tiles: Questions from the Classroom, *Symmetry: Culture and Science (Budapest)*, 19(2-3), 25-113.