

بررسی تناسب موجود در تزیینات معقلی مدرسه «غیاثیه خرگرد»

چکیده

بیان مسئله: مطالعه تناسب موجود در اجزای تزیینات آجری در نماهای معماری (خوون چینی) نشان می‌دهد که این تناسب حاصل نسبت ابعاد اجزا به آجر مادر است که از خرد شدن آن به نسبت‌های صحیح پدید می‌آید. در خصوص تزیینات معقلی که مبنای آن نیز بر چینش از پیش طراحی شده، آجرها استوار است، علی‌رغم تحقیقات فراوان در انواع آن، ضروری است که تا چگونگی ایجاد تناسب بین اجزای آجر و بستری که در آن به کار گرفته می‌شوند، مورد مطالعه قرار گیرند، بر همین اساس مسئله این پژوهش آشکار سازی نسبت بین اجزا در یک تزیین معقلی و تناسب این اجزا با بستری که در آن قرار گرفته‌اند، است. تزیینات مورد مطالعه این پژوهش معقلی‌های کتیبه‌دار مدرسه «غیاثیه خرگرد» ساخته قوام‌الدین شیرازی است.

هدف: بررسی تناسب کمی موجود در تزیینات معقلی مدرسه غیاثیه خرگرد (حاصل از محاسبات عددی) هدف این پژوهش است.
روش پژوهش: این پژوهش از نظر هدف بنیادی و از حیث روش مبتنی بر توصیف و تحلیل داده‌هاست. داده‌ها از دو طریق کتابخانه‌ای و میدانی به دست آمده‌اند. در مطالعه میدانی، تزیینات معقلی (دارای کتیبه) مورد محاسبه کمی قرار گرفته است. تزیینات مورد مطالعه توسط نرم‌افزار رایانه‌ای بازطراحی شده‌اند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که تناسب، علاوه بر اجزای آجرهای تشکیل دهنده معقلی‌ها، بین آجرها و بستری که آن را تزیین می‌کنند نیز وجود دارد. این تناسب بر اثر به کارگیری یک (پیمون) که از واحد اندازه‌گیری سنتی (گز) حاصل می‌شود، براساس تقسیمات حاصل از ترسیم‌های هندسی به وجود آمده و تناسب لازم را با دقت بسیار بالا در تمام ارکان و اجزای بنا ایجاد می‌نماید.

کلیدواژه

آجر، خط معقلی، تناسب، تزیینات تیموری، مدرسه غیاثیه خرگرد

مقدمه

در عصر تیموریان، علی‌رغم ظهور پر فروغ کاشیکاری و گچ‌بری، خشت همچون گذشته سهم خود را در تزیینات حفظ نمود. تزیینات آجری در بناهای تیموری حاکم ساخت با کمک گرفتن از لعاب جلوۀ افزون تری یافت. چینش راسته خفته که عموماً تا این زمان بدون تکلف به کار گرفته می‌شد، با انواع آجرهای لعابی و به‌شیوۀ معقلی به کار گرفته شد. این فن زیبا را می‌توان در بسیاری از بناهای شاخص دوران تیموری به تماشا نشست. در مطالعه معقلی‌ها به‌وضوح عقلانیت در طراحی و اجرای آن‌ها به چشم می‌آید. معقلی تزیینی است که برای طراحی آن تعقل بسیاری لازم است و وقتی کار به اتمام رسید هر بنای قادر است آن را اجرا نماید. از مهمترین ویژگی‌های تزیین معقلی تناسب است. برخلاف سایر تزیینات آجری در معقلی‌های لعابی، آجرها خرد نمی‌شوند بلکه اندازه‌های لازم به‌دقت محاسبه و برای ساخت آن‌ها از قالب استفاده می‌شود. به‌نظر می‌رسد این اندازه‌ها متناسب با ابعاد اجزای پلان بنا بوده و از خرد شدن همان نسبت‌ها در بنا به‌دست می‌آمده است. اگرچه در خصوص تناسب در بناهای تیموری مطالعات عمیقی انجام شده و آجرهای به کار گرفته شده در سازه بناها اندازه‌گیری شده‌اند، در خصوص معقلی که تزیین اصلی این بناها به حساب می‌آید، مطالعه مستقلی به‌دست نیامد. نمای ساختمان چون مستقیماً در دید ناظر قرار می‌گیرد، از حیث تناسب و چینش درست بسیار اهمیت داشته و به بیانی لباس بنا محسوب می‌گردد. در این مقاله نسبت آجرهای مختلف به کار گرفته شده در تزیینات معقلی نماهای مدرسه غیاثیه خرگرد مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد تا تناسب میان آن‌ها با اجزای مختلف معماری که در آن‌ها به کار گرفته شده‌اند، به‌طور دقیق مشخص و ارائه شوند.

روش پژوهش

در این پژوهش تمامی قاب‌های معقلی دارای کتیبه در نماهای مختلف بازطراحی شده و مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته است تعداد این قاب‌ها ۶ عدد است که به کرات در نماهای مشابه در بنا تکثیر شده و بخش عمده‌ای از تزیینات معقلی این بنا را تشکیل می‌دهند. این قاب‌ها در ساختار خود دارای خط و گلچین معقلی بوده و از این نظر می‌تواند نماینده تمام تزیینات معقلی بنا باشند، با توجه به اینکه بخشی از تزیینات موجود به مرور زمان آسیب دیده و از بین رفته بودند؛ ابتدا از تمامی آن‌ها عکس‌برداری و سپس با رعایت امانت‌داری و کاملاً متناسب با ابعاد اصلی قاب بر روی بنا و با توجه به جزئیات نظیر به‌نظیر، تزیینات توسط نرم‌افزار Photoshop توسط نگارنده بازطراحی و مورد مطالعه قرار گرفت تا نسبت آجرها به یکدیگر و نیز نسبت آن‌ها با بستری که در آن به کار گرفته شده‌اند، به‌دقت محاسبه و ثبت گردد. نوع مطالعه کمی (محاسبه عددی) و تحلیل نهایی بر اساس تعداد آجرهای تشکیل‌دهنده عرض کار و همچنین بندهای موجود بین این آجرها ارائه گردیده است.

پیشینه پژوهش

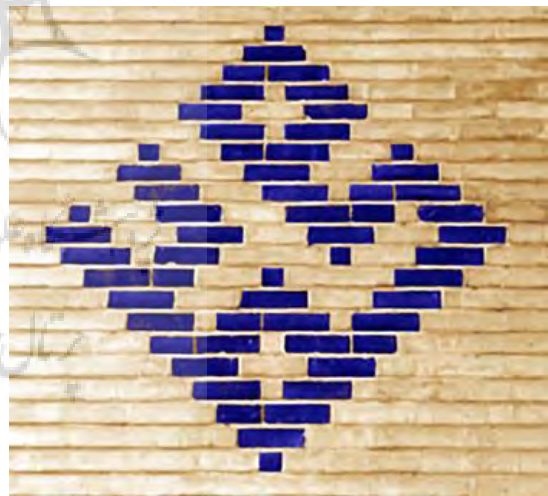
با توجه به اهمیت تزیینات آجری وابسته به معماری، مطالعات عمیقی از جنبه‌های مختلف ریخت‌شناسی، زیبایی‌شناسی و حتی معناگرایانه، در خصوص آن‌ها به انجام رسیده است که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: «السعيد و پارمان» (۱۳۶۳) در کتاب «نقش‌های هندسی در هنر اسلامی» و «اردلان و بختیار» (۱۳۹۰) در کتاب «حس وحدت» به مبانی هندسه و نقوش هندسی در هنر اسلامی پرداخته و جنبه‌های کاربردی و رمزی

آن‌ها را به بحث نشست‌اند. «نجیب‌اوغلو» (۱۳۷۹) در کتاب «هندسه و تزیین در معماری اسلامی» ذیل فصل دهم، در خصوص تناسب و زیباشناسی در بنا، مطالب مهمی ارائه نموده است. «پیرنیا و بزرگمهر» (۱۳۸۵) در کتاب «هندسه در معماری» و «بمانیان، اخوت و بقایی» (۱۳۹۰) در کتاب «کاربرد هندسه و تناسب در معماری» به جایگاه هندسه و کاربرد آن در معماری ایران و تناسباتی که در اثر به‌کارگیری این علوم می‌تواند در بنا ایجاد شود، پرداخته‌اند. «آذرخرداد» (۱۳۹۶) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود تحت عنوان «بازشناسی و تحلیل تناسب هندسی بناهای عصر تیموری با تکیه بر آثار قوام‌الدین شیرازی» در خصوص تناسب بناهایی چون مدرسه غیاثیه خرگرد و بنای مقبره مولانا زین‌الدین ابوبکر تایبادی، مطالب ارزنده‌ای ارائه نموده است؛ اما در خصوص تناسب در تزیینات این بناها خاموش مانده‌اند. «اوکین» (۱۳۸۶) در کتاب «معماری تیموری در خراسان» ذیل فصل سوم، در بیان روش‌های ساخت بنا و مواد و مصالح تصریح دارد که ریاضیات در معماری تیموری نقشی به‌سزا دارد. وی در خصوص نقش «گزر» به‌عنوان یک مقیاس اندازه‌گیری در ساختار و اجزای بناها و رابطه‌ای که بین نسبت ابعاد خشت‌ها و نوع گزی که در بنا مورد استفاده بوده است، تلاش زیادی نموده که نتیجه روشنی در بر نداشته است. «نعیما» (۱۳۷۶) در کتاب «دزفول شهر آجر» در خصوص آجرکاری، به‌خصوص نوع (خوون چینی) و اجزای آجر که از خرد شدن آجر مادر به‌دست می‌آیند، مطالب مفیدی ارائه نموده، اما در خصوص تزیین معقلی سکوت کرده است. «زمرشیدی» (۱۳۸۴) در کتاب «کاشیکاری ایران، خط معقلی» و «ماهرالنقش» (۱۳۶۱) در کتاب «طرح و اجرای نقش در کاشیکاری ایران دوره اسلامی. دفتر اول، خط بنایی» در خصوص روش‌های اجرای طرح معقلی و انواع آن مطالب مفید و کاربردی‌ای را ارائه می‌کنند، اما در خصوص نسبت آجرها در این هنر مطلبی ارائه نمی‌دهند. «کشاورزی میان‌دشتی و فیزیایی» (۱۳۹۶) در مقاله «گونه‌شناسی خط بنایی (معقلی) بر اساس شیوه طراحی و روش‌های اجرایی» انواع خط بنایی را معرفی نموده و روش طراحی هر یک را بیان می‌کنند، اما بحثی در خصوص تناسب بین اجزای این تزیین ارائه نمی‌دهند. تنها «منکوفسکایا» (۱۳۷۹) در مقاله «به‌سوی مطالعه اشکال معماری در آسیای میانه در پایان قرن چهاردهم/ هشتم هجری: مقبره خواجه احمد یسوی» به اندازه آجرهای استفاده شده در نمای این بنا اشاره نموده است، اما در خصوص نسبت آن‌ها با اجزای بنا بیانی ندارد. از این‌رو پژوهش حاضر در پی گزارش تناسب موجود در تزیینات معقلی بناهاست و کمیت‌های مؤثر در این تناسب را در بنای غیاثیه خرگرد به‌صورت موردی گزارش می‌کند.

انواع تزیینات آجری

«زمرشیدی و صادقی حبیب‌آبادی» نقوش آجری را به سه دسته بزرگ تقسیم نموده‌اند که عبارت‌اند از: نقوش حصیری، نقوش جناقی و نقوش خفته راسته (زمرشیدی و صادقی حبیب‌آبادی، ۱۳۹۷، ص. ۱۵). اصولاً مبنای آجرکاری در ایران مبتنی بر تقسیم آجر به اجزای ریزتر است که با توجه به اندازه و فرمی که حاصل می‌آید، می‌تواند اشکال منظم و زیبایی را سامان بخشد. اجزای آجر در هنر ایران به روایت «زمرشیدی» عبارت‌اند از: «چار دانگ، سه دانگ، دو دانگ، چارکه، پاره، شستی، قناس و قفلی» (زمرشیدی، ۱۳۸۶، ص. ۸۳). که در انواع آجرکاری‌ها به‌خصوص در پیوندهای میان آجرها به‌کار گرفته می‌شوند. آجرهای ایرانی دوره اسلامی را محمد یوسف کیانی در سه اندازه $(۵ \times ۲۰ \times ۲۰)$ و $(۳ \times ۲۰ \times ۲۰)$ و $(۵ \times ۲۵ \times ۲۵)$ سانتیمتر معرفی می‌کند^۲ (کیانی، ۱۳۸۲، ص. ۲۵). خفته راسته یکی از مشهورترین تزیینات آجری است که در تمام دوره‌ها از آن استفاده شده است. اساس آن بر ایستایی یک آجر در کنار خفتن آجر دیگری است. یک تمایز مطلق که عامل تغییر در امتداد نگاه ناظر

است، نقش می آفریند و زیبایی و تنوع پدید می آورد. در دوران تیموری به واسطه تمایل به استفاده فراوان از رنگ‌های درخشان لعابی، خفته راسته‌های بی‌رنگ آجرهای ساده جای خود را به تزیینات با آجرهای لعابی داد. بیشترین تزیینات با دورنگ فیروزه‌ای و لاجورد در زمینه نخودی استفاده شد. نمونه‌هایی از این آثار را علیزاده و همکاران در مقاله خود ارائه نموده‌اند (علیزاده، صالحی و امامی‌فر، ۱۳۹۲، صص. ۶۵-۶۸). خط بنایی خطی مبتنی بر مصالح ساختمانی است هم از حیث جنسیت مواد و هم از حیث شیوه به‌کارگیری آن در بنا. مربع و لوزی مهمترین زمینه‌هایی هستند که این خط در آن‌ها ترسیم می‌شود. نمونه‌ای از آن که به خط معقلی مشهور است، از دوران تیموری به‌وفور مورد استفاده قرار گرفت و نماهای متعددی از بناهای این دوره را مزین به فرم‌ها و رنگ‌های دل‌نشین نمود. «ماهرالنقش» معقلی را نوعی نماسازی معرفی می‌کند که از کنار هم قرار دادن مربع‌ها یا لوزی‌ها برای به‌دست آمدن نقشه‌ای خاص و دلخواه به‌کار می‌رود (ماهرالنقش، ۱۳۶۱، ص. ۹). از حیث اجراء، معقلی به سه روش^۴ یک‌رگی، سه‌رگی و کشیده‌متن انجام می‌شود (ماهرالنقش، ۱۳۶۱، ص. ۱۴).^۵ عموماً برای نقوش معقلی از واژه (گلچین معقلی) و برای متن از واژه (خط معقلی) استفاده می‌شود. استفاده از زمینه مربع یا لوزی بستگی به نظر معمار بنا دارد. در معقلی هم از آجر با رگ‌چین ساده و هم با تغییر شکل در چیدن آجرها استفاده می‌شود. گروه اول به تضاد رنگی بین آجرها بسنده نموده و گروه دوم تضاد تغییر فرم را نیز به‌کار می‌گیرند. در این میان، استفاده از فن چینش راسته خفته که توسط معماران دوره تیموری به‌کار گرفته شد، زیبایی بیشتری حاصل می‌شود (تصویر ۱). معقلی‌های مورد مطالعه در این تحقیق به‌شیوه خفته راسته کار شده است که در ادامه مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

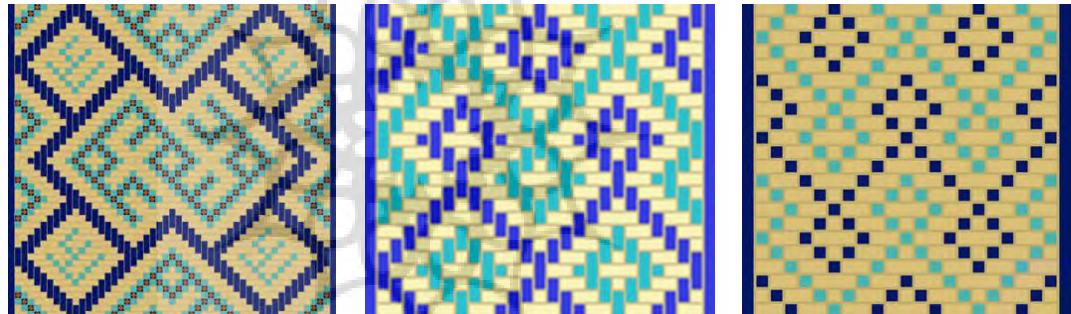


تصویر ۱. سمت راست کلمه محمد با رگ‌چین آجری ساده، که فقط تضاد رنگی آجرها سبب اجرای طرح است. سمت چپ کلمه محمد با چیدمان آجری خفته راسته (تزیین با طراحی شده از مدرسه غیاثیه خرگرد). منبع: نگارنده.

مدرسه غیاثیه خرگرد آخرین اثر قوام‌الدین شیرازی

این بنا مربوط به قرن نهم هجری است. تاریخ کتیبه آن ۸۴۸ ه.ق را نشان می‌دهد. ساختمان مدرسه چهارایوانه و دارای دو طبقه با حجره‌هایی در اطراف است. طراحی و تقسیم‌بندی بنا بسیار پیچیده و پر زرق و برق است (بلر

و بلوم، ۱۳۸۲، ص. ۷۴). که با نماهای پوشیده از معقلی و کاشی معرق تزیین شده‌اند. بانی مدرسه «خواجه غیاث‌الدین پیر احمد خافی» و معمار بنا «قوام‌الدین شیرازی» است. سمرقندی در «تذکره‌الشعرا»، قوام‌الدین را یکی از چهار هنرمندی معرفی می‌کند که در دربار شاهرخ نظیری نداشت (سمرقندی، ۱۳۸۲، ص. ۳۴۰). سبک قوام‌الدین تا سال‌ها بعد به‌وسیله معمارانی دیگر مورد تقلید قرار گرفت. همگونی تزیینات بنای مقبره ابونصر پارسا با مقبره خواجه عبدالله انصاری که سال‌ها بعد از این بنا ساخته شد، نمونه‌ای از این تقلید عامدانه است (فیزیایی، جوانی و قاسمی سیجانی، ۱۳۹۴، ص. ۱۱۲). خوشبختانه بنا هنوز پابرجاست و تزیینات زیبای هنر معماری قرن نهم را با تمام اصول و ضوابطش حفظ نموده است (جوانی، کیانمهر، مهیار و سیدی، ۱۳۹۶، ص. ۷۲). محققین بر این عقیده‌اند که قوام‌الدین در معماری ایران صاحب سبک ویژه خود است (گلمبگ و ویلبر، ۱۳۷۴، ص. ۲۵۹). این بنا یکی از جالب‌ترین بناهای دوره تیموری است (هیل و گرابر، ۱۳۸۶، ص. ۸۸). تزیینات در نماهای بیرونی بنا ترکیبی از کاشی معرق بسیار نفیس و آجرهای لعابدار به‌شیوه معقلی است. در تمام وجوه نماهای بیرونی معقلی کار شده که شامل هر دو فن گلچین و خط معقلی است. نوع معقلی بر اساس تقسیم‌بندی ماهرالنقش شامل معقلی یکرگی، سه‌رگی و کشیده‌متن است که به‌شیوه خفته راسته کار شده‌اند (تصویر ۲).

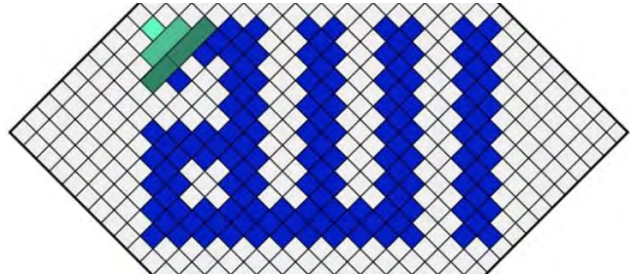


تصویر ۲. سمت راست معقلی یکرگی، وسط معقلی کشیده‌متن و چپ معقلی سه‌رگی (در واژه محمد و نیم‌لوزی‌های اطراف) که در نماهای مختلف بنا به‌کار گرفته شده‌اند (تزیینات بازطراحی شده توسط). منبع: نگارنده.

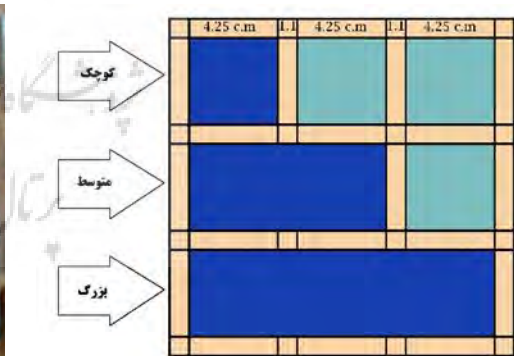
ساختار تزیینات معقلی در نماهای مدرسه غیاثیه خرگرد

در هنر معقلی نسبت آجرها به یکدیگر عموماً به‌صورت ۱-۲-۳ است. ۱ مربعی است که ضلع آن عرض آجر مادر است. ۲ و ۳ تعداد مربع‌هایی است که به‌دنبال هم قرار گرفته و اجزای بزرگتر آجرهای تشکیل‌دهنده معقلی را می‌سازند. تمام زیبایی معقلی در نظم و چینش به قاعده آن‌هاست که می‌باید با بستر مورد استفاده کاملاً مرتبط و متناسب باشند. در این بنا با توجه به اینکه تزیینات به‌صورت آمود^۷ کار شده‌اند، خشت مادر متفاوت با خشتی است که در سازه بنا مورد استفاده قرار گرفته است. خشت مادر در سازه بنا بر اساس گزارش «اوکین»، ۲۵×۲۵×۶ سانتیمتر است. در سنت آجرکاری ایران، خشت مادر بر اساس اصول خاصی خرد شده و آجرهای مختلف را به نسبت‌هایی صحیح به‌وجود می‌آورد. آجرها در معقلی‌های حاکم ساخت دوره تیموری، عموماً رنگین بوده و یک سطح از آجر با لعاب پوشانیده می‌شده است (تصویر ۳).

تصویر ۳. طراحی و ترسیم واژه الله با نسبت‌های ۱-۳-۵ که در اکثر خطوط معقلی مرسوم است. نسبت آجرهای به کار گرفته شده در سمت چپ بالا قابل مشاهده است. در عمل برای پوشش نسبت بزرگ با ۵ مربع از یک آجر به بزرگی ۳ و یک آجر به بزرگی ۲ مربع بدون بند تزیینی استفاده می‌شود (ترسیم). منبع: نگارنده.



در بنای غیاثیه خرگرد، بر اساس اندازه‌گیری‌هایی که در محل بنا به انجام رسید، نسبت آجر مربع به آجرهای مجاور در ترکیب معقلی‌ها با توجه به اینکه بین هر یک از آجرها با آجر دیگر یک بند تزیینی وجود دارد، به شرح ذیل است (**تصویر ۴**). آجر مربع با طول ضلع حدوداً $4/25$ سانتیمتر، آجر متوسط با طول تقریباً $9/6$ و عرض $4/25$ سانتیمتر و آجر بزرگ با طول حدوداً $14/95$ و عرض $4/25$ سانتیمتر، سه جزئی هستند که معقلی‌های این بنا را تشکیل می‌دهند^۹. از آنجایی که در طراحی معقلی‌ها، آجری به نسبت ۵ مربع هم وجود دارد، در عمل برای اجرای آن از یک آجر بزرگ (۳ تایی) و یک آجر متوسط (۲ تایی) در طول هم و بدون بند تزیینی در بین آن‌ها استفاده می‌شود (**تصویر ۵**). بنابراین اندازه نسبی هر آجر چنانکه در طرح شماتیک (**تصویر ۳**) مشاهده می‌شود عبارت‌اند از: طول آجر بزرگ سه برابر آجر مربع کوچک به علاوه دو بند آجر و اندازه آجر متوسط برابر دو آجر کوچک مربع به علاوه یک بند آجر است. ضخامت بند آجر حدوداً یک چهارم ضلع آجر مربع کوچک است (**سیدی، ۱۳۹۸، ص. ۱۰۱**). با معاینه دقیق آجرهای لعابی مورد استفاده در معقلی‌های بنای غیاثیه خرگرد ملاحظه شد که برای ساخت و اجرای معقلی‌ها از سه قالب با اندازه‌های پیش گفته استفاده شده که در نهایت سطح آن‌ها را با لعاب‌های فیروزه‌ای و لاجورد پوشش داده و پخته‌اند.



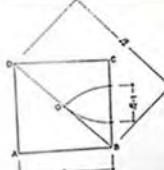
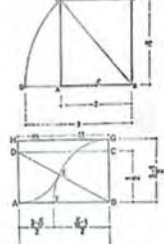
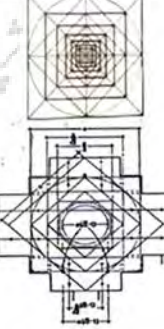
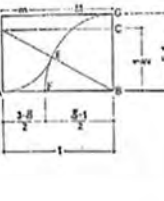
تصویر ۴. ساختار نسبت آجرهای به کار گرفته شده در تزیینات مختلف آجر کاشی در مدرسه غیاثیه خرگرد. منبع: نگارنده.



تصویر ۵. نمایش جزئیات در معقلی‌های مدرسه غیاثیه خرگرد. چنانکه ملاحظه می‌شود اندازه ۵ مربعی با یک آجر (۳ تایی) و یک آجر (۲ تایی) بدون بند بین آجر، به کار گرفته شده است. تزئین زیر ایوان ورودی فرعی از جبهه غربی به مسجد. منبع: نگارنده.

در حالی که در تزئینات آجرچینی، به‌خصوص شیوه (خوون چینی)، آجرهای مورد نیاز از خرد شدن آجر مادر به‌دست آمده و مورد استفاده قرار می‌گیرند (نعیما، ۱۳۷۶، ص. ۵۲). علت این اختلاف را می‌توان در تعداد اندک آجرهای مورد نیاز برای اجرای معقلی جستجو کرد که فقط نیاز به سه اندازه آجر به نسبت‌های معین وجود دارد. از مطالعه میدانی در شیوه ساخت آجرهای لعابی که در کارگاه کاشی سنتی اوقاف مشهد به انجام رسید، مشخص شد که آجرهای مورد استفاده در معقلی بر اساس اندازه‌های از پیش تعیین شده و توسط قالب‌ها ساخته شده، لعاب خورده و پخته می‌شوند. با توجه به اینکه آجرهای مورد استفاده در تزئینات معقلی بنا فقط با سه اندازه مورد اشاره ساخته شده‌اند، باید دید که برای تزئین یک قاب مورد نظر در نمای بنا از چند آجر و از چه اندازه‌هایی سود برده شده است. در دوران تیموری، علوم مختلف رونق بسیاری یافت. در معماری از ریاضیات کاربردی استفاده فراوانی می‌شد. حمایت‌های «الغیبگ» در سمرقند از اهل علم منجر به ساخت رصدخانه عظیم وی گردید که در زمان خویش از بزرگترین مراکز ستاره‌شناسی و استخراج تقویم بود. غیاث‌الدین جمشید کاشانی در «مفتاح‌الحساب» یک فصل را به معماری اختصاص داده بود که به اندازه‌شناسی، محاسبه تاق‌ها و قوس‌ها و فرمول‌های محاسبه سطوح می‌پرداخت. مطالعات نشان می‌دهد که محاسبات معماران تیموری نه بر محاسبات حسابی که بر ترسیم‌های هندسی که زاینده تناسبات بین اجزا هستند استوار بوده است (Kostof, 1986, p. 62). بر اساس مطالعات انجام شده معماران ایرانی طرح‌های پلان را بر روی سطوح شطرنجی رسم می‌کردند تا بتوانند نسبت‌های دقیق قسمت‌های مختلف را در مقایسه با اندازه کلی بنا در نظر داشته باشند. ابعاد ورودی‌ها و عناصر باربر، و ضخامت دیوارها در این طرح ذکر می‌گردید. البته برای تناسب نسبت‌های بنا همواره از اصل مربع پویا (Carre Dynamique) استفاده می‌کردند (آذرخرداد، زارعی و هاشمی زرچ‌آبادی، ۱۳۹۷، ص. ۱۸۳). به گزارش تاریخ خیرات، در خصوص ساخت کاخ دلگشای تیمور، بعد از اتمام طراحی بنا و هنگامی که دیوارها اندکی بالا آمدند، صنعتگران در رشته‌های مختلف مثل کاشی‌سازان، سنگ‌تراشان، نقاشان، نجاران و بافندگان کار خود را به فرمان شخص تیمور آغاز کرده بودند (پوگاچنکوا، ۱۳۸۷، ص. ۳۲). این موضوع نشان می‌دهد که نه تنها نقشه‌های کف که نقشه‌های نما نیز قبل از ساخت بنا آماده می‌شد، به نحوی که هر کدام از هنرپیشگان و صنعتگران قادر بودند کار خود را مستقل از دیگران به پیش برند. معمولاً پلان بنا در دوران تیموری بر روی کاغذهای شطرنجی

مربع ترسیم می‌گردید که با واحد (گز) اندازه‌گیری می‌شد. اندازه این واحد ثابت نبوده و اختلافاتی در بررسی بناهای مختلف دیده می‌شود. بر اساس تحقیقات «مانکوفسکایا» که بر روی بنای مقبره «شیخ احمد یسوی» انجام شده، مقدار هر گز ۶۰/۶ سانتیمتر است. این اندازه در بناهای دیگر ۶۷/۲ - ۶۰/۸ - ۶۷/۵ - ۶۲/۲ متر و ... گزارش شده است. تحقیقات «کریوکف و باکلانف» نتایج متفاوتی را ارائه می‌نمایند که در جهت اصلاح نتایج پیشین کمک بزرگی بوده است. به نظر می‌رسد، گز مینای طرح بنا بوده و ابعاد دیگر بنا با ضرابی از این اندازه در نظر گرفته می‌شد. به عبارتی، گز به‌عنوان یک (پیمون) در معماری مورد استفاده بود. اینکه آیا اندازه آجرهای مورد استفاده در بنا هم تناسبی با این واحد سنتی دارد یا خیر اثبات نشده است، اما همگونی‌های زیادی در این خصوص ملاحظه می‌گردد (اوکین، ۱۳۸۶، ص. ۸۱). اندازه گز در بناهای ساخته شده توسط قوام‌الدین ۶۰ و ۶۰/۸ سانتیمتر گزارش شده است (اوکین، ۱۳۸۶، ص. ۸۰). آجرهای مورد استفاده در این بناها نیز با اندکی تفاوت در ابعاد گزارش شده‌اند.

<p>پلان</p>		<p>استفاده از قاعده ۱ یعنی $\frac{\sqrt{2}+1}{2}$ و مشتقاتش مانند</p>
<p>مقطع عمودی نما</p>		<p>تلفیقی از قاعده ۶ (نیم مربع و نسبت $\sqrt{5}$) و قاعده (ریشه ۵ مستطیل و نسبت $\sqrt{5}$ و مشتقاتش مانند $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$)</p>
<p>گنبد خانه شرقی و کاربردی</p>		<p>استفاده از قاعده ۱ و مربع‌های متحد‌المرکز با قانون رشد $\sqrt{2}$</p>
<p>ایوان</p>		<p>استفاده از قاعده ۸ و قاعده ۶ (ریشه ۵ راست گوشه) و قطر مربع به همراه مستطیل مکمل</p>

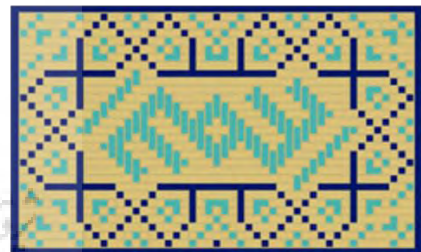
تصویر ۶. ارکان مختلف مدرسه غیاثیه خرگرد و وجود نسبت‌های مبتنی بر قواعد هندسی رایج زمان در اجزای این بنا به روایت آذر خرداد. منبع: آذر خرداد و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۹۲.

محاسبه تزیینات معقلی حاوی خط معقلی در مدرسه غیاثیه خرگرد

تزییناتی که دارای خط معقلی هستند، عبارت‌اند از: واژگان مقدس الله به صورت مشنا و معکوس در پیشانی تاق‌نماهای واقع در جبهه جنوبی بنا، الله و محمد در تاق‌نماهای اطراف ورودی اصلی بنا، الله و محمد به صورت مشنا و معکوس در ورودی به بنا در جبهه غربی، محمد و علی در تزیین اصلی زیر ایوان شرقی و الله احد و الله صمد در زیر تاق ورودی‌های تمامی حجره‌ها در طبقه اول برای نیل به اهداف مورد نظر، تزیینات فوق‌الذکر مورد مطالعه و محاسبه قرار می‌گیرند.

۱. واژه الله به صورت مشنا و معکوس در نمای فراز تزیینات در پیش‌آمدگی‌های سمت قبله: این قاب تزیینی چهار بار بر فراز چهار تاق‌نمایی که در جبهه سمت قبله وجود دارد به کار گرفته شده است. اطراف این قاب با گلچین معقلی احاطه شده که متن مورد نظر چون نگینی بر پیشانی این تاق‌نماها می‌درخشد (تصویر ۷). عرض کار با ۴۹ آجر کوچک (مربع) که با تعداد ۵۰ بند بین آجرها از یکدیگر جدا شده، شکل گرفته است. تزیین در اطراف با گلچین معقلی یک‌رگی و در وسط با خط معقلی کشیده‌متن کار شده است. آرایش خط معقلی خفته راسته است. تمام آجرهای متن به رنگ فیروزه‌ای و آجرهای زمینه بدون رنگ (آجر بدون لعاب) هستند. از هر سه آجر کوچک، بزرگ و متوسط در این تزیین استفاده شده و در زوایا نیز از یک آجر بزرگ و یک آجر متوسط بدون بند در بین آن‌ها (به جای آجر با نسبت ۵) استفاده شده است. الف‌ها در این خط با آجرهای متوسط شکل گرفته تا تعادل لازم در قرینه‌ها به وجود آید. اطراف قاب با یک آجر لاجورد دورگیری شده که عرض کار در مجموع ۲۷۳/۲۵ سانتیمتر است.

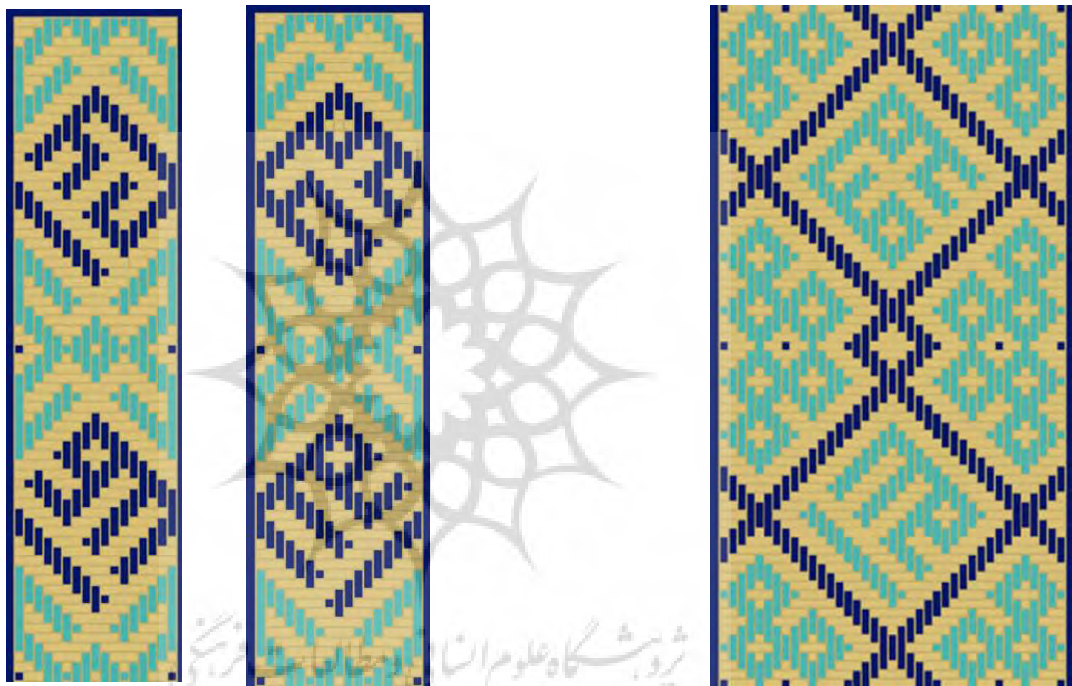
تصویر ۸. الله و محمد به صورت مشنا و معکوس در زیر قوس ورودی به مسجد بنا از سمت غرب. ترسیم: نگارنده.



تصویر ۷. الله مشنا و معکوس بخشی از نمای تزیینی بیرونی بنا در سمت قبله. ترسیم: نگارنده.

۲. تزیینات زیر تاق‌های ورودی فرعی از جبهه‌های شرقی و غربی: از سمت غرب بنا یک ورودی به فضای مسجد وجود دارد که زیر تاق این ورودی با معقلی تزیین شده است. متن کتیبه از کلمات مقدس الله و محمد به صورت مشنا و معکوس تشکیل شده که الله در اوج تاق و محمد در دو طرف ورودی به صورت قرینه کار شده‌اند (تصویر ۸). عرض این کار از ۲۷ آجر کوچک تشکیل شده که با بندهای تزیینی از یکدیگر جدا شده‌اند. در این تزیین از خط و گلچین معقلی به صورت توأمان استفاده شده است. در این کار از آجرهای کوچک و بزرگ استفاده شده و آجر متوسط فقط در زوایا و در کنار آجر بزرگ بدون بند بین آجرها به کار گرفته شده است تا نسبت ۵ مربع را ایجاد نماید. تعداد بندهای جدا کننده آجرها ۲۸ عدد است. این تزیین همچنین با یک آجر لاجورد دورگیری شده است. بر این اساس، عرض تزیین با جمع جبری مقادیر موجود ۱۵۴ سانتیمتر است.

۳. تزیین تاق‌نماهای جبهه اصلی نزدیک به برج‌های مجموعه: دو تاق‌نمای قرینه و مشابه در دو طرف ایوان ورودی در جبهه شمالی بنا نزدیک به برج‌ها وجود دارد که در آن‌ها طرح معقلی کتیبه‌دار با کلمات مقدس الله و محمد کار شده است (تصویر ۹). طرح در عرض خود دارای ۳۹ آجر مربع و ۴۰ بند تزیینی در بین آجرهاست. معقلی از نوع کشیده‌متن است که در اطراف با گلچین و در مرکز با خط معقلی تزیین یافته است. در این قاب از سه آجر کوچک، متوسط و بزرگ در اجرای طرح استفاده شده است. آجر متوسط در زوایا و در طول آجر بزرگ بدون بند تزیینی به کار گرفته شده است. تمام قاب با یک آجر کوچک دورگیری شده است. مقدار عرض کار که از جمع جبری تمام اندازه‌ها حاصل آمده ۲۱۸/۲۵ سانتیمتر است.



تصویر ۱۰. الله صمد و الله احد طرح‌های معقلی کار شده در دیوارهای جنبی ورودی به حجره‌ها در طبقه اول بنا. ترسیم: نگارنده.

تصویر ۹. کلمات الله و محمد کار شده در متن تاق‌نماهای موجود در جبهه شمالی مدرسه. ترسیم: نگارنده.

۴. تزیینات زیر قوس و دیوارهای جنبی به حجره‌ها در طبقه اول بنا: این طرح‌ها در ورودی به تمام حجره‌های بنا به جز حجره‌های گوشه به کار گرفته شده‌اند. دو طرح از حیث اجرا و اندازه یکسان بوده، فقط از نظر متن در یکی «الله احد» و در دیگری «الله صمد» ترسیم و اجرا شده که به صورت یکی در میان قرار گرفته‌اند (تصویر ۱۰). در اینجا کتیبه، برخلاف نمونه‌های قبلی، تمام عرض قاب را اشغال نموده است. به جز اختلافی که در فرم ذاتی واژگان (احد و صمد) وجود دارد، هیچ اختلاف دیگری در آن‌ها نمی‌توان مشاهده نمود. آن‌ها با استفاده از ویژگی‌های خط کوفی بنایی چنان طراحی و اجرا شده‌اند که همگونی بسیاری پیدا کرده و از حیث اندازه و سطح مقادیر مشابهی را ارائه می‌نمایند. اندازه عرض کار ۱۷ آجر کوچک است که با ۱۸ بند آجر از یکدیگر جدا شده‌اند. در نهایت تمام کار با یک آجر کوچک به رنگ لاجورد دورگیری و قاب شده است. بر این اساس، عرض کار ۱۰۰/۵۵



تصویر ۱۱. محمد به صورت مثنی و

معکوس و علی به صورت ساده در

تزیین اصلی زیر ایوان شرقی.

ترسیم: نگارنده.

سانتیمتر است. مانند سایر تزیینات دارای کتیبه در اینجا نیز از هر سه آجر کوچک، متوسط و بزرگ سود برده شده است.

۵. تزیینات معقلی زیر قوس و دیوارهای جنبی ایوان شرقی بنا: این نوع تزیین فقط در همین قسمت از بنا به کار گرفته شده و نمونه‌ای دیگر ندارد. از هر سه شیوه معقلی یک‌رگی، سه‌رگی و کشیده‌متن به صورت تلفیقی استفاده شده که تمایز بسیار جالبی بین هر جزء دیده می‌شود (تصویر ۱۱). تزیینات با سه رنگ فیروزه‌ای، لاجورد و زرد خردلی در زمینه با آجرهای بی‌رنگ اجرا شده است. قاب‌بندی اصلی طرح هندسی با لاجورد و کلمات و بخشی از تزیین پرکننده آلت‌های طرح با سیطره رنگ فیروزه‌ای کار شده‌اند تا مانند آنچه گذشت تضاد لازم در همه اجزای طرح ایجاد گردد. با توجه به موقعیت مکانی طرح و اینکه این قاب در دل تزیینات بی‌شمار دیگری قرار گرفته که رنگ‌های متنوعی دارند، بر اساس نظم و چیدمان رنگی حاکم بر تزیینات این بنا که خود مبتنی بر قوانین بسیار جالبی است. در اجرای معقلی آن از هر سه شیوه رایج زمان سود برده شده و علاوه بر رنگ‌های فیروزه‌ای و لاجورد از رنگ زرد خردلی نیز استفاده شده است. واژه محمد در مرکز تزیین و لوزی‌های تزیینی در اطراف قاب با شیوه معقلی سه‌رگی تزیین شده‌اند که در آجر وسط از سه رگ، از دو رنگ لاجورد و زرد خردلی استفاده شده است. اگر این سه آجر را که در کنار هم قرار گرفته به یک حلقه انگشتر تشبیه کنیم، آنگاه آجر وسط چون نگینی است که بر آن می‌درخشد. از این‌رو، «ماهرالنقش» به این تزیینات معقلی نگین‌دار می‌گوید. عرض کار ۴۹ آجر مربع است که با ۵۰ بند آجر از یکدیگر جدا می‌شوند. بر این اساس اندازه عرض کار ۲۷۳/۲۵ سانتیمتر است. در تمامی قاب‌ها آجرهای زمینه، افقی و بدون رنگ و آجرهای عمودی سازنده طرح‌ها با دو رنگ فیروزه‌ای و لاجورد به کار گرفته شده‌اند. تمامی تزیینات با چینش افقی یک آجر متوسط (۲ مربع) بدون رنگ، دورگیری شده‌اند که چون در همه قاب‌ها تکرار می‌شوند، از جمع اندازه آن‌ها با عرض کار خودداری شده است.

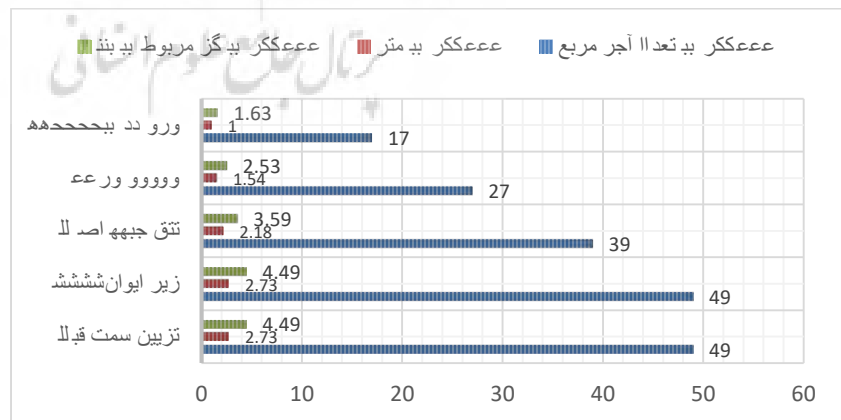
بحث پیش از نتیجه‌گیری

بر پایه مطالعه انجام شده، تمام معقلی‌ها فقط با سه اندازه آجر سامان داده شده‌اند. این آجرها با توجه به اینکه می‌باید (بدون خرد شدن) بسترهای مورد نظر را تزیین کنند، لذا از حیث ابعاد و اندازه می‌باید کسر صحیحی از تمام بسترهای مورد نظر در بنا باشند. چنانکه پیش‌تر آمد، مبنای تمام اندازه‌ها در معماری تیموری (گز) بوده که منجر به اتخاذ پیمون مورد استفاده در بنا می‌شده است. با مشخص شدن اندازه پیمون، نقشه کف به شطرنجی تبدیل و اجزای بنا بر اساس این شطرنجی‌ها محاسبه، ترسیم و تعیین می‌گردید. بر اساس گزارش تاریخ خیرات نتیجه می‌شود که نه تنها اندازه‌های نقشه کف، بلکه اندازه‌های نقشه نما نیز در طراحی بنا از ابتدا مورد نظر بوده و به دقت تعیین می‌شده است (پوگاچنکوا، ۱۳۸۷، ص. ۳۲). با شناختی که از قوام‌الدین شیرازی به‌دست آمد، وی یکی از بزرگترین معماران این دوران بود. مطالعات انجام شده در ارکان بناهای وی از جمله مدرسه غیاثیه خردگرد که مورد بحث است، نشان از به‌کارگیری هندسه و ابعاد طلایی در ساخت آن‌ها دارد. بر این اساس، تزیین نماها که مهمترین وجه دیداری بنا را سامان می‌بخشد، نمی‌تواند عاری از این ویژگی‌های معمارانه و زیبایی‌شناسانه باشد؛ پس ابعاد گزینش شده برای آجرها می‌باید به نحوی باشد تا نماهای مورد دید ناظران را به بهترین حالت به نمایش گذاشته و از هر نوع ناراستی و بی‌نظمی بری نماید. با مشخص شدن طول و عرض بسترهای مختلف در اجزای بنا، هنرمند کاشیکار اجزای آجر خود را به نحوی انتخاب نموده که اولاً کسر صحیحی از طول و عرض بستر مورد نظر بوده و ثانیاً قابل اجرا در تمام بسترهای مورد نظر است، چرا که نمی‌توان برای هر بستری آجر مجزا

به کار گرفت. با توجه به اینکه پیمون یا مربع متناسب‌کننده اجزای بنا در معماری سنتی ایران نه بر اساس محاسبه عددی که بر اساس ترسیم‌های هندسی به دست می‌آید، مربع مبنای آجر مورد استفاده نیز حاصل همین ترسیم‌های هندسی است که البته می‌باید قیده‌های دیگری همچون فرد بودن تعداد مربع‌ها در عرض و طول کار، فاصله آجرها از یکدیگر و ... نیز به شرایط تقسیم افزوده گردد. لذا ممکن است ابعاد آجرها از حیث اندازه به عدد صحیحی ختم نشده و چنانکه ملاحظه می‌شود، ابعاد مربع مبنا و به طبع آن آجرهای مورد استفاده در تزیین، عموماً دارای اعشار می‌باشند. در مطالعه معقلی‌های بنای مدرسه که در **نمودار ۱** ارائه شده، تعداد آجرها و نسبت اندازه آن‌ها را به یکدیگر نشان می‌دهد. با توجه به اینکه گز به کار گرفته شده در مدرسه غیاثیه ۶۰/۸ است (اوکین، ۱۳۸۶، ص. ۸۰)، عرض جرزهای مورد تزیین به ترتیب ۱/۶۳ گز، ۲/۵۳ گز، ۳/۵۹ گز و ۴/۴۹ گز در نظر گرفته شده است که همه آن‌ها با تعداد درستی از آجرهای کوچک مربع قابل پوشش هستند. به عبارتی، شبکه شطرنجی در نظر گرفته شده برای ترسیم معقلی‌ها که شامل آجر مربع و بند تزیینی بین آجرها می‌شود (۴/۲۵ + ۱/۱) مربعی به ضلع ۵/۳۵ است. البته برای رسیدن به مربع مبنا علاوه بر تعداد درست آجرها فرد بودن آن‌ها نیز در این بنا یکی دیگر از اصول و قیده‌های مورد نظر بوده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، عرض تزیینات در شش قاب مورد تحلیل فرد است. تعداد مربع‌های فرد در طراحی هنرهای سنتی خود مبنای قرینه بودن است. قرینگی را در هنرهای سنتی ایران باید جانمایه فرمی تمام هنرها دانست که خود مبنایی رمزی دارد. البته باید ذکر شود که تمام این تزیینات، علاوه بر دورگیری با یک آجر لعابی مربع، با یک خرد آجری بدون رنگ متوسط (دو مربع به علاوه یک بند آجر) احاطه شده‌اند که برای دستیابی به اندازه نهایی قاب‌های مورد نظر باید اندازه آن‌ها نیز به عرض کار افزوده گردد. به عنوان مثال، عرض تزیین تاق‌نمای جبهه اصلی عبارت است از: ۳۹ آجر مربع به علاوه ۲ آجر مربع لاجورد پیرامون و نیز ۲ آجر متوسط بی‌رنگ که تاق مورد نظر را شکل داده است. به عبارتی، ۴۵ آجر مربع به علاوه ۴۶ بند بین آجر {سانتیمتر ۲۴۱/۸۵ = (۴/۲۵ × ۴۵) + (۱/۱ × ۴۶)} که ۳/۹۸ یا تقریباً ۴ گز در این بناست. بسیاری از نماهای دیگر در این بنا هم که با گلچین معقلی تزیین یافته و تمامی آن‌ها با چینش خفته راسته مورد استفاده قرار گرفته‌اند، همین تناسبات (بدون کم و کاست) در آن‌ها وجود داشته و حتی در یک مورد هم خلاف آن دیده نمی‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نمودار ۱. تعداد آجرها، اندازه به متر و اندازه به گز، در عرض قاب‌های مورد سنجش. منبع: نگارنده.



نتیجه

از مطالعه انجام شده و تحلیل‌های عینی‌ای که بر تزیینات بازطراحی شده از معقلی‌های اصیل بر پیکره بنا به انجام رسید، نتایج ذیل ارائه می‌گردد: در خصوص هدف تحقیق که تناسب موجود در معقلی‌های مدرسه غیاثیه خرگرد را مورد مطالعه قرار می‌دهد، مشخص گردید که: اندازه آجرهای مورد مصرف در معقلی‌ها به نحوی محاسبه شده که همواره متناسب با فضاهایی است که مورد تزیین قرار گرفته‌اند؛ یعنی نسبت آجرها و بند بین آن‌ها همواره کسر صحیحی از مکان مورد نظر است. این حقیقت را در نمودار ۱ به خوبی می‌توان دریافت نمود. فضای زیر ایوان اصلی در جبهه شرقی، زیر ورودی به مسجد در ضلع غربی و یا هر مکان دیگری که مورد تزیین با این آجرها قرار گرفته است، این نسبت‌های صحیح به‌دقت محاسبه شده‌اند. با توجه به اینکه تقسیمات و اندازه‌های اجزای معماری تیموری به‌طور سنتی بر پایه (پیمون) و از طریق ترسیم‌های هندسی متناسب‌سازی می‌شدند، اندازه آجرهای موجود در تزیین نیز می‌باید از طریق ترسیم‌های هندسی به‌دست آمده باشند. وجود اعشار در اندازه آجرها خود دلیل روشنی بر این ادعا هستند. در انتخاب مربع مبنا برای ساخت آجرها، ابعاد به نحوی انتخاب شده است که در تمام نماهای مورد تزیین اعم از نمای پایه‌ها، عمق ورودی به ایوان‌ها و تاق‌نماهای موجود در نماهای بیرونی بنا تعداد درستی از آجرها مورد استفاده بوده و به هیچ وجه عاملی که این تناسب چشم‌نواز بین طول یا عرض بستر مورد تزیین را مخدوش نماید، وجود ندارد. این تناسب زمانی اهمیت پیدا می‌کند که در طول و عرض تمامی نماهای مورد مطالعه از تعداد فرد آجر استفاده شده تا نقوشی قرینه و چشم‌نواز را به‌وجود آورند. معمار برای رسیدن به این تناسبات هرگز مجبور نشده تمهید دیگری بیندیشد و یا قدمی دیگر برای متناسب‌سازی نقش‌ها بردارد. علی‌رغم اینکه برای ساخت معقلی‌ها به‌خصوص معقلی‌های رنگین می‌توان از چینش به‌صورت رگ‌چین ساده استفاده کرد، قوام‌الدین در اینجا در تمام معقلی‌ها چه کتیبه و چه گلچین، از چینش خفته راسته استفاده می‌نماید تا تضاد بین زمینه و نقوش را فزونی بخشیده و زیبایی افزون‌تری ارائه نماید. این هنرنمایی در تلفیق سه شیوه رایج در یک طرح و به‌خصوص در معقلی سه‌رگی نگین‌دار زیر ایوان شرقی بنا به اوج خود می‌رسد و قدرت به‌کارگیری تناسبات موزون در کار وی را مشخص می‌سازد.

پی‌نوشت

۱. مشاهده روش تهیه آجرهای مخصوص معقلی در کارگاه‌های کاشی سنتی گوه‌رشاد و کارگاه کاشی سنتی آستان قدس رضوی در مشهد.
۲. به‌نظر می‌رسد این اندازه‌ها پرتکرار بوده‌اند و گرنه در محدود بناهایی هم شاهد اندازه‌هایی بسیار متنوع خارج از آنچه گفته شد، گزارش شده است (نگارنده).
۳. خط کوفی بنایی علاوه بر دو زمینه مربع و لوزی، بسته به فرم مکانی که می‌باید در آن ترسیم شود، می‌تواند اشکال مختلف دیگری را نیز به‌خود بگیرد (ر.ک به طرح و اجرای نقش در کاشیکاری ایران دوره اسلامی. دفتر اول خط بنایی. محمود ماهرالنقش ۱۳۶۱).
۴. زمرشیدی در کتاب خود معقلی‌ها را از حیث اجرا به دو دسته تقسیم نموده است. یک‌رگی و سه‌رگی (زمرشیدی، ۱۳۸۴، ص. ۱۵۹).
۵. وی سه‌رگی و کشیده‌متن را یکی فرض کرده و آن‌ها را حالت‌های مختلف از یک روش می‌داند.
۵. در معقلی یک‌رگی اندازه مربع شکل‌دهنده طرح، کسر صحیحی از اندازه زمینه منفی بین سطوح است. اما در معقلی سه‌رگی زمینه مثبت و منفی طرح مورد نظر یکی است که از به‌هم پیوستن طولی سه آجر مربع یک‌رگی به‌وجود می‌آید. رنگ آجر میانی متفاوت و متضاد با سایر آجرهاست. در معقلی کشیده‌متن مربع‌های تشکیل‌دهنده فضای مثبت از یکدیگر جدا نبوده و در امتداد هم قرار می‌گیرند و فضای مثبت و منفی برابر است. کشاورزی میان‌دستی و فیزیایی معقلی کشیده‌متن را راسته خفته نامیده‌اند (کشاورزی میان‌دستی و

فیزیایی، ۱۳۹۶، ص. ۵۵). در صورتی که این نوع معقلی به صورت رگ‌چپین ساده نیز به کار گرفته می‌شود؛ به‌عنوان مثال می‌توان به تصویر ۱ (سمت راست) در همین مقاله مراجعه کرد (نگارنده).

6. Derek Hill

7. Oleg Grabar

۸. در نمای شمالی روی پایه‌های ایوان ورودی و پشت بغل‌های تاق‌نماها از تزئین معرق نیز استفاده کرده‌اند.
۹. به‌نظر می‌رسد اندازه آجرهای مورد استفاده در نمای بناهای مختلف همانند آجرهای سازه متفاوت باشند. براساس گزارش Mankovskaya که در خصوص تزئینات بنای شیخ احمد یسوی ارائه شده، آجرهای معقلی در این بنا نیز در سه اندازه ساخته شده که عبارت‌اند از: آجر کوچک، $4/8 \times 4/8$ سانتیمتر آجر متوسط، $4/9 \times 11$ سانتیمتر (دو برابر به‌علاوه بلندی یک‌بند $1/4$ سانتیمتر) و آجر بزرگ، $4/8 \times 17/2$ سانتیمتر (سه برابر به‌علاوه بلندی دو بند) (منکوفسکایا، ۱۳۷۹، ص. ۲۶۶). تذکر: به‌نظر می‌رسد اندازه $4/9$ برای آجر متوسط خطای تایپی باشد، چرا که در معقلی عرض تمام آجرها می‌باید یکی بوده و برابر با ضلع آجر مربع باشد.

10. Galina A. Pougatchenkova

11. Tarikh-i Khairat

منابع

- آذرخرداد، فرشته. (۱۳۹۶). *بازشناسی و تحلیل تناسبات هندسی بناهای عصر تیموری با تکیه بر آثار معماری قوام‌الدین شیرازی* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد باستان‌شناسی). دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند، ایران.
- آذرخرداد، فرشته، زارعی، علی و هاشمی زرچ‌آبادی، حسن. (۱۳۹۷). ارزیابی و شناخت هندسه کاربردی عصر تیموری در طراحی بقعه مولانا زین‌الدین ابوبکر تایب‌آبادی. *مطالعات هنر اسلامی*، ۱۴(۳۱)، صص. ۱۶۴-۱۸۷.
- اردلان، نادر و بختیار، لاله. (۱۳۹۰). *حس وحدت (ترجمه و نداد جلیلی)*. تهران: مؤسسه علم معمار.
- السعید، عسام و پارمان، عایشه. (۱۳۶۳). *نقش‌های هندسی در هنر اسلامی (ترجمه مسعود رجب‌نیا)*. تهران: سروش.
- اوکین، برنارد. (۱۳۸۶). *معماری تیموری در خراسان (ترجمه علی آخشینی)*. مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی.
- بلر، شیلا اس و بلوم، جان‌اتان ام. (۱۳۸۲). *هنر و معماری اسلامی در ایران و آسیای مرکزی (جلد اول) دوره ایلخانیان و تیموریان* (ترجمه سید محمد موسی هاشمی گلپایگانی). تهران: وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.
- بمانیان، محمدرضا، اخوت، هانیه و بقایی، پرهام. (۱۳۹۰). کاربرد هندسه و تناسبات در معماری. تهران: طحان.
- پیرنیا، محمدکریم و بزرگمهر، زهره. (۱۳۸۵). *هندسه در معماری*. تهران: سازمان میراث فرهنگی و گردشگری.
- پوگاچنکوا، گالینا آ. (۱۳۸۷). *شاهکارهای معماری در آسیای میانه (ترجمه سید داوود طبایی)*. تهران: فرهنگستان هنر.
- سمرقندی، دولت‌شاه بن بختی شاه. (۱۳۸۲). *تذکره‌الشعرا (به کوشش محمد رضانی)*. تهران: خاور.
- جوانی، اصغر. کیانمهر، قباد، مهیار، فروغ و سیدی، سید علی اکبر (۱۳۹۶). حضور رنگ در بیان اهمیت سطوح و نماهای معماری. *پژوهش‌های خراسان بزرگ*، ۷(۲۸)، صص. ۶۹-۸۸.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۸۶). *اجرای ساختمان با مصالح سنتی*. تهران: انتشارات افشار، دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی آموزش فنی و حرفه‌ای وزارت آموزش و پرورش.
- زمرشیدی، حسین و صادقی حبیب‌آبادی، علی. (۱۳۹۷). آجر و هنر آجرکاری از دوران باستان تا امروز. *فصل‌نامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی*، ۹(۳۳)، صص. ۵-۱۷.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۸۴). *کاشیکاری ایران، خط معقلی*. تهران: سازمان عمران و بهسازی شهری.
- سیدی، سید علی اکبر. (۱۳۹۸). *سنجش نسبت گسترده‌های رنگی کاشی‌های معرق مدرسه عیائیه خرگرد قوام‌الدین شیرازی* (پایان‌نامه دکتری پژوهش هنر). دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
- علیزاده، سیامک، صالحی، سحر و امامی‌فر، نظام‌الدین. (۱۳۹۲). بررسی نقوش مقابر آجری دزفول. *پیکره*، ۲(۴)، صص. ۵۹-۶۸.

- فیزابی، بهمن، جوانی، اصغر و قاسمی سیچانی، مریم. (۱۳۹۴). تحلیل متن کوفی ارائه معماری قوام‌الدین شیرازی در گازرگاه هرات. *دوفصلنامه مرمت و معماری ایران*، ۵(۱۰)، صص. ۱۰۵-۱۲۲.
- کشاورزی میان‌دشتی، حمیدرضا و فیزابی، بهمن. (۱۳۹۶). گونه‌شناسی خط بنایی (معقلی) بر اساس شیوه طراحی و روش‌های اجرایی. *هنرهای صناعی ایران*، ۱۱(۱)، صص. ۴۸-۶۲.
- کیانی، محمد یوسف. (۱۳۸۲). *تاریخ هنر معماری ایران دوره اسلامی*. تهران: انتشارات سمت.
- گلمبگ، لیزا و ویلبر، دونالد. (۱۳۷۴). *معماری تیموری در ایران و توران* (ترجمه کرامت‌ا... افسر و محمد یوسف کیانی). تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- ماهرالنقش، محمود. (۱۳۶۱). *طرح و اجرای نقش در کاشیکاری ایران دوره اسلامی/ دفتر اول خط بنایی*. تهران: انتشارات موزه رضا عباسی.
- منکوفسکایا، ال.لو. (۱۳۷۹). به‌سوی مطالعه اشکال معماری در آسیای میانه در پایان قرن چهاردهم/ هشتم هجری: مقبره خواجه احمد یسوی (ترجمه بحرالعلوم: شیرازی). *مجله اثر*، ۳۱(۳۲)، صص. ۲۶۰-۲۸۸.
- نجیب‌اوغلو، گل‌رو. (۱۳۷۹). *هندسه و تزیین در معماری اسلامی*. تهران: روزنه.
- نعیم، غلامرضا. (۱۳۷۶). *دزفول شهر آجر*. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- هیل، درک و گرابر، اولک. (۱۳۸۶). *معماری و تزیینات اسلامی* (ترجمه مهرداد وحدتی). تهران: شرکت انتشارات علمی فرهنگی.
- Kostof, Spiro. (1986). *The Architect in the middle Ages, East and west, in Architect chapter in the history*. New York: Oxford University press.

