

تاریخ علم، دوره ۱۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، ص ۱۳۱-۱۴۸

نقش رساله هندسه عملی بوزجانی در شکل‌گیری تزیینات هندسی آثار دوره سلجوقی^۱

مهدی بهشتی‌نژاد

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته هنر اسلامی، دانشگاه هنر تهران

mehdi.beheshtinejad@gmail.com

صمد سامانیان

دانشیار، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر تهران

samanian_s@yahoo.com

امیر مازیار

استادیار، دانشکده علوم نظری و مطالعات عالی هنر، دانشگاه هنر تهران

maziar1356@gmail.com

(دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶)

چکیده

مقاله پیش رو با هدف شناخت چگونگی تأثیر رساله «هندسه عملی» بوزجانی بر شکل‌گیری نونگارهای هندسه پرگاری، در هنر و معماری سلجوقی نوشته شده است. گام نخست این پژوهش مطالعه جایگاه این رساله در سنت رساله‌های هندسه عملی است. این پژوهش در گام بعد، ساختار تزیینات هندسی تا زمان پدید آمدن رساله را مورد بررسی قرار داده و به روند شکل‌گیری و سیر تکامل سبک نوین برآمده از ساختار هندسه پرگاری پرداخته است که هم‌زمان با تحریر رساله و یا متأخر از آن ظاهر شده‌اند. در پایان، پژوهش با توجه به روش‌های هندسی ارائه شده در رساله و نقوش موجود در آن، بر جایگاه رساله بوزجانی در شکل‌گیری نونگارهای پرگاری در تزیینات هندسی سبک سلجوقی تأکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ابوالوفاء بوزجانی، ترسیمات پرگاری، تزیینات هندسی، هندسه عملی، هنر سلجوقی.

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هنر اسلامی با عنوان «شناخت ساختار و بنیان هندسی در نقوش و تزیینات هنر دوره سلجوقی ایران» نوشته مهدی بهشتی‌نژاد با راهنمایی دکتر صمد سامانیان و مشاوره دکتر امیر مازیار است.

مقدمه

رساله «هندسه عملی» بوزجانی، از معدود رساله‌های نگاشته شده در هندسه عملی است که از سده‌های میانه اسلامی برجای مانده است. مدعای رساله ارائه راه‌کارهایی برای استفاده صنعتگران است و میزان کارآمدی آن موضوعی است که همواره در گفتگوی میان پژوهشگران هنر و معماری اسلامی، به ویژه در حوزه تزیینات هندسی، با اختلاف نظر همراه بوده و آراء متفاوتی را از «نداشتن کاربرد مفید و مؤثر» تا «ارائه دستوراتی ویژه به منظور طراحی» نتیجه داده است. از این رو سؤال اصلی پژوهش، نحوه کاربرد مؤثر رساله در میان صنعتگران است. این مقاله به منظور دستیابی به پاسخ این پرسش، دامنه بحث را به ترسیم اشکال منتظم با استفاده از هندسه پرگاری محدود کرده است، که نقطه مشترک میان اکثر مسائل مطرح شده در رساله هندسه عملی بوزجانی با نونگاره های هندسی عصر سلجوقی است. گام نخست پژوهش بررسی اهمیت رساله هندسی بوزجانی در سنت تحریر رساله‌های هندسی است که با جستجوی دلایل تحریر، بررسی باب‌ها و مسائل مطرح شده در آن همراه است. پژوهش در گام بعد بر جستجوی ساختار و روش ترسیم تزیینات هندسی تا زمان تحریر رساله متمرکز است و به تغییرات پدید آمده در نحوه ترسیم تزیینات هندسی، هم‌زمان و یا متأخر از تحریر رساله بوزجانی پرداخته است. بخش پایانی پژوهش، با مد نظر قرار دادن دستورات مطرح شده در رساله بوزجانی، و همچنین پاره‌ای نقوش موجود در آن، چگونگی تأثیر رساله «هندسه عملی» را در روند پدیدار شدن سبک هندسی شاخص عصر سلجوقی، مشخص کرده است.

پیشینه پژوهش

ترجمه و تصحیح رساله «هندسه عملی» بوزجانی، در تألیفات: بوزجانی نامه (قربانی و شیخان، ۱۳۷۱ش)، کتاب النجاره (آقایانی چاوشی، ۱۳۸۹ش) و هندسه ایرانی (جذبی، ۱۳۹۲ش)، مورد توجه بوده است و در مقاله‌ای چون «نقدی بر تحقیق و تصحیح «ترجمه کتاب النجاره» بوزجانی» (طاهری، ۱۳۹۰ش)، به اختصار مطالعه شده است. طاهری در این مقاله نتیجه گرفته است که رساله بوزجانی کارآمدی ناچیزی در هنر و معماری اسلامی داشته است و این موضوعی بحث برانگیز است که در پژوهش های قبل از آن نیز طیفی از آراء متفاوت را نتیجه داده است. از یک سو با نظرات پژوهشگرانی چون بلوم^۱ (۱۹۹۳م)، هولود (۱۹۸۸م)، صلیبا (۱۹۹۹م)، طاهری

1. Bloom

رساله‌هایی چون رساله بوزجانی بر هنر و معماری اسلامی، هندسه پدید آمده در آثار معماران و صاحبان فنون را به وجود سنتی شفاهی میان معماران و صاحبان فنون مربوط دانسته‌اند و بر انتقال سینه به سینه ریاضیات کاربردی آنها از استاد به شاگرد صحنه گذارده‌اند. به طور کلی از نظر ایشان «توسعه خلاقانه هندسه اشکال و احجام با ارتقای دانش فنی ساخت در اصناف معماری پس از سده چهارم هجری راهی متمایز از متون ریاضی را برای تداوم ریاضیات در معماری گشود». از سوی دیگر محققانی چون اوزدورال^۱ (۱۹۹۵م، ۱۹۹۶م، ۱۹۹۸م، ۲۰۰۰م)، شورباشی (چورباشی)^۲ (۱۹۸۹م)، نجیب اوغلو (۱۳۸۹ش) و سرهنگی^۳ (۲۰۰۵م) هستند که با اشاره به پاره‌ای مسائل مطرح شده در رساله بوزجانی و استناد به مشابهت دستورات آن با شیوه ترسیم نمونه‌هایی از نقوش و آرایه‌های هندسی، بر تأثیر رساله‌هایی از این دست بر تزیینات هنر و معماری اسلامی تأکید دارند.

با توجه به چنین آراء متفاوتی، پژوهش حاضر، بر تأثیر رساله بوزجانی بر گروهی ویژه از تزیینات هنر و معماری اسلامی تأکید دارد؛ مجموعه تزییناتی که در ساختار طراحی، شیوه ترسیم اشکال منتظم به شیوه هندسه پرگاری را به کار می‌برند و در رساله هندسه عملی بوزجانی نیز مسائل و ترسیم آنها به کمک روش هندسه پرگاری آمده است. از این رو فرضیه پژوهش، تأثیر راه کارهای ارائه شده در رساله بوزجانی بر نونگارهای هندسی است که هم‌زمان و یا متأخر از تحریر رساله پدید آمد و در این دوره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شدند، آن طور که در عصر سلجوقی راه تکامل و شکوفایی را طی کردند و یکی از مهم‌ترین سبک‌های هندسی در هنر و معماری اسلامی را پدید آورده‌اند.

این مقاله در بخش نخست، با ارائه تاریخچه‌ای کوتاه، توجه به ترسیم اشکال منتظم در رساله‌های هندسی پیش از رساله بوزجانی را مطالعه کرده است، پس از آن، اهمیت این ترسیم‌ها در رساله هندسه عملی بوزجانی و مطالب این رساله بررسی شده‌اند. تغییرات پدید آمده در شیوه ترسیم تزیینات هندسی، هم‌زمان و یا متأخر از تحریر رساله

1. Özduval
2. Chorbachi
3. Sarhangi

و اهمیت یافتن نونگارهای هندسی متکی به چندضلعی‌های منتظم و ترسیمات پرگاری، بخش بعدی است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. بخش پایانی، تلاشی در به منظور درک رابطه میان راه‌کارهای رساله بوزجانی و نحوه ترسیم نونگارهای عصر سلجوقی است.

بازخوانی جایگاه رساله بوزجانی در سنت رساله‌نگاری هندسی

کتاب فی ما يحتاج الیه الصانع من اعمال الهندسة (ترسیمات هندسی مورد نیاز صنعتگران)، عنوان رساله‌ای است نوشته ابوالوفا بوزجانی، ریاضی‌دان مشهور قرن چهارم هجری؛ چنانکه از مقدمه رساله برمی‌آید (قربانی و شیخان، ص ۱۱۲)، دلیل تحریر اطاعت امر ملک ابو ناصر بهاءالدوله (حک : ۳۷۹-۴۰۳ق) بوده است و به منظور استفاده صنعتگران. با در نظر گرفتن دوره حکومت بهاءالدوله و نیز سال مرگ ابوالوفا بوزجانی، یعنی ۳۸۷ق، می‌توان تاریخ تألیف این رساله را سال‌های پایانی سده چهارم هجری دانست.

موضوع ترسیم اشکال منتظم و هندسه پرگاری، پیش از تحریر رساله بوزجانی نیز مورد توجه ریاضی‌دانان بوده است، از جمله این رساله‌ها می‌توان به رساله هشتم پاپوس در علم الحیل اشاره کرد که در روزگار بنوموسی، در میانه قرن سوم هجری ترجمه و در برگردان عربی، چند مسأله ترسیم پرگاری به آن افزوده شده بود (کرامتی، «پاپوس»، ص ۴۸۹-۴۹۱). این موضوع، در رساله کوتاه و مستقل فی الأشکال ذوات الخطوط المستقیم (متی تقع فی الدائرة و علیها) (ابن ندیم، ص ۵۳۵؛ قفطی، ص ۱۹۵)، از سنان بن ثابت (در گذشته در ۳۳۱ق) با موضوع چندضلعی‌های محاطی و محیطی آمده است. توجه به مسأله ترسیم اشکال منتظم از طریق تقسیم دایره به کمان‌های مساوی را در سده‌های بعد نیز می‌توان دید. رساله فی عمل ضلع المسبع المتساوی الاضلاع فی الدائرة نوشته صاغانی، دو رساله فی استخراج ضلع المسبع المتساوی الاضلاع و فی عمل مخمس متساوی الاضلاع فی مربع المعلوم نوشته ابوسهل کوهی (احتمالاً در گذشته در ۴۰۵ق؛ برگرن، ص ۱۸)، رساله فی عمل المسبع فی الدائرة و قسمة الزاوية المستقیم الخطین بثلاثة اقسام متساوی نوشته ابوسعید سجزی (سده چهارم هجری؛ قربانی، زندگی‌نامه...، ص ۲۵۵، ۴۲۴). رساله فی أن الأشکال کلها من دائرة، با شرح دو مسأله

ترسیمات هندسی از نصر بن عبدالله عزیزی (ریاضی‌دان سده چهارم هجری؛ قربانی، همان، ص ۴۸۵)، دو رساله از ابوالجود (در گذشته در سده پنجم هجری): الی ابی محمد عبدالله الحاسب فی طریقی ابی سهل الکوهی و شیخه ابی حامد الصاعانی فی عمل المسبع المساوی الاضلاع فی الدائرة و عمل المسبع فی الدائرة ارسله الی ابی الحسن احمد بن محمد بن اسحق (کرامتی، «تسبیح دایره»، ص ۲۹۲-۲۹۴)، یکی از فصول هفت‌گانه رساله التجرید اصول الهندسه با موضوع ترسیم چندضلعی‌های محاطی و محیطی از نسوی (در گذشته در ۴۷۳ق) و دو مقاله با موضوع کثیرالاضلاع‌های منتظم و کثیرالسطوح‌های منتظم، عنوان‌های چهاردهم و پانزدهم از مقالات پانزده‌گانه شفا (انوار، ص ۵)، نمونه‌ای از مجموعه رساله‌های نوشته شده از اواسط قرن سوم تا اوایل قرن پنجم هجری در موضوع ترسیم اشکال منتظم در دایره و هندسه پرگاری هستند.^۱ به اینها باید رساله عبدالرحمن صوفی (احتمالاً در گذشته در ۳۷۶ق؛ قفطی، ص ۲۲۷) را نیز افزود که در میان این رساله‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. به نظر می‌رسد این رساله نمونه نسبتاً جامعی از مسائل ترسیم اشکال منتظم با به کارگیری هندسه پرگاری در این دوره است که تمامی برهان‌ها و ترسیمات مقدماتی مورد نیاز ترسیم اصلی را به همراه دارد. صوفی می‌نویسد:

موضوع [رساله]، چگونگی ترسیم شکل‌های متساوی الاضلاع، با به کارگیری یک دهانه ثابت پرگار [است، که] مولایم، امیر عضدالدوله ... مرا امر فرمود به توضیح و پاسخ به سؤال وی مبنی بر امکان‌پذیر بودن ترسیم شکل‌های منتظمی چون مربع، پنج ضلعی و از این دست... با به کارگیری یک دهانه ثابت پرگار، ... چنانکه به نظر نمی‌رسد هیچ مهندسی [هندسه دانی] تاکنون از عهده انجام آن برآمده باشد (میرابوالقاسمی و باقری، ص ۲).

این مقدمه علاوه بر اهمیت یافتن ترسیم اشکال منتظم و به کارگیری هندسه پرگاری، گواه تازگی این شیوه‌های ترسیم است، که روندی از توجه و تکامل را مشخص می‌کند؛ از ضمیمه‌ای چند صفحه‌ای در قرن سوم تا موضوعی مستقل در قالب رساله‌ای مستقل در اواخر قرن چهارم هجری. از این رو به کارگیری این ساختار جدید ترسیم، که خود

۱. موضوعی چون تسبیح دایره، به دلیل ترسیم تقریبی و غیر دقیق آن با پرگار و خط کش (چنانچه بوزجانی در رسال خویش به انجام رسانده است)، ریاضی دانان اسلامی را به استفاده از روشهایی دیگری چون مقاطع مخروطی در حل این مساله واداشت.

در قرن چهارم هجری پدید آمد، نمی‌توانست قبل از شکل‌گیری، به واسطه سنت پیشنهادی بلوم، مبنی بر آموزش سینه به سینه دانش هندسه و از طریق استاد به شاگرد به بنایان و صاحبان فنون این سده منتقل شود (ص ۱).

به نظر می‌رسد رساله هندسه عملی بوزجانی که حدود یک دهه پس از رساله صوفی نوشته شده است (طاهری، ص ۴)، گامی در جهت عملی کردن دانش هندسه پرگاریست. در دیباچه شرح منسوب به کمال‌الدین ابن یونس (ریاضی‌دان سده‌های ششم و هفتم هجری) بر رساله بوزجانی آمده است که در میان کتب متقدمان و متأخران، هیچ کتاب مستقلی در باب ترسیمات هندسه [عملی] به دست وی نرسیده است، مگر کتاب ابوالوفای بوزجانی (کرامتی، «زندگی‌نامه و کارنامه علمی...»، ص ۷-۸). شرح‌ها و بازنویسی‌های رساله نیز گواهی بر اهمیت آن در سده‌های مختلف است. پژوهش‌های انجام شده وجود یک نسخه عربی،^۱ سه ترجمه فارسی (قربانی و شیخان، ص ۱۳-۱۵) و دو شرح، یکی در قرن ششم و دیگری در دوره صفویه (کرامتی، همان، ص ۷) را تأیید می‌کنند. از این رو چندان دور از حقیقت نیست اگر این رساله را که در نیمه دوم قرن چهارم هجری تألیف شده است نخستین رساله هندسه عملی بینداریم که با تأکید بر ترسیم اشکال منتظم و استفاده از هندسه پرگاری نوشته شده است.

جستجوی دلایل تحریر رساله هندسه عملی

بوزجانی با نگارش این رساله در پی چه بوده است؟ وی علاوه بر سامان‌دهی غالب موضوعات ترسیم اشکال منتظم پیش از خود به روش هندسه پرگاری، برهان‌های هندسی مسائل را حذف کرده است و گاه به تقریب و تخمین و به کارگیری شیوه معمول صنعتگران نیز متوسل شده است. مثال نقضی بر این مدعا که «ابوالوفاء مسائل را بیشتر از زاویه علمی و برهانی می‌نگریست» و نه عملی (طاهری و ندیمی، ص ۱۹). به گفته اوزدورال (۱۹۹۵، ص ۵)، آنچه بوزجانی ارائه می‌دهد راهی است که وی سعی داشته بر اساس آن نظریه‌های کاملاً انتزاعی ریاضی را برای صنعتگران قابل فهم کند و روش او کاملاً شخصی و متمایز از راه‌کار تمامی ریاضی‌دانان هم‌عصرش است. آن‌طور که او در دیباچه چنین می‌نویسد:

۱. با توجه به گفته برگرن مبنی بر اشتباه بودن انتساب نسخه دست‌نویسی با عنوان الحیل الروحانية و الأسرار الطبيعية فی دقائق اشکال الهندسية به ابونصر فارابی، این نسخه عربی رونویسی دیگری از اعمال هندسی بوزجانی است.

امثال نمودم فرمان ملک منصور بهاء الدوله اطال الله بقاءه در اثبات معانی [که] به حضرت عالی او مذاکرات آن می‌رفت، از اعمال هندسی که صنّاع استعمال آن بسیار کنند، مجرد گردانیده از علت و برهان. [تا بدین ترتیب] اهل صناعات آن را (این معانی را) به آسانی فهم توانند کرد و استعمال هر طریقتی بر ایشان آسان باشد (آقایانی چاوشی، ص ۳).

از این رو در تفاوتی آشکار با سایر رساله های هندسی، بوزجانی با هدفی کاربردی، نتایج حاصل از هندسه نظری را با صنعتگران در میان نهاد. گروهی غایب در گفتگوی میان صوفی و عضدالدوله، که اکنون در مذاکرات بوزجانی و بهاءالدوله، رو آوردن آنان به عملی نمودن هندسه، نه تنها دلیل شکل‌گیری رساله شده است، بلکه طرح مسائل، نیازها و مشکلات صنعتگران در جلساتی با حضور هندسه‌دانان، باب‌ها و مسائل رساله را نیز مشخص کرده است. از این رو ادعای رساله ارائه راه‌کارهایی ساده به منظور کاربرد به صنعتگران است. بوزجانی بدین منظور در رساله خود به دسته‌بندی مسائل در باب‌های مختلف با موضوعات مشخصی پرداخته است.

بررسی باب‌ها و مسائل مطرح شده در رساله

رساله النجاره یا «هندسه عملی» در سیزده باب سامان یافته است. مقدمه‌ای کوتاه و در پی آن باب نخست در شناخت خط کش و پرگار و گونیا (جذبی، ص ۱۳). در این فصل بر اهمیت درستی این ابزار و به ویژه پرگار به منظور پدیدآوردن ترسیماتی صحیح و دقیق تأکید شده است و شرحی از انواع پرگارها، آزمایش درستی کارکرد و ذکر بهترین نمونه آن آمده است. باب دوم رساله در باره اصولی است که یاد کردن آنها به عنوان مقدمه لازم است، مسائلی ساده و اساسی در ترسیم‌های اقلیدسی تا «معماران و صنعتگران برای ترسیمات مشکل‌تر» مهیا شوند (آقایانی چاوشی، ۱۳۸۹، شصت و نه). باب سوم در ساختن شکل‌های متساوی الاضلاع، باب چهارم در محاط کردن شکل‌ها در دایره، باب پنجم در محیط کردن دایره بر اشکال، باب ششم در محاط کردن دایره در شکل‌ها و پاره‌ای مسائل، باب هفتم در محاط کردن شکل‌ها در شکل‌ها یا محیط کردن شکل‌ها بر شکل‌ها (قربانی و شیخان، ص ۴۲، ۴۷، ۵۴، ۵۵ و ۵۶) که در آن به ترسیم اشکال منتظم با تکیه بر ترسیمات پرگاری و محاط و محیط کردن آنها در و بر یکدیگر پرداخته شده است و حالت‌های مختلف آنها را آورده است، باب هشتم در تقسیم سطح مثلث‌ها، باب نهم در قسمت مربعات به اقسام، باب دهم در تقسیم مربع‌ها و ترکیب آنها،

باب یازدهم در جدا کردن راه، باب دوازدهم در تقسیم دایره‌ها و باب سیزدهم در تقسیم کردن سطح کره و رسم اشکالی که بر کره می‌توان کشید (جذبی، ص ۴۴، ۴۷، ۵۴، ۶۲، ۶۴ و ۶۵). از این رو برخلاف نظراتی مبنی بر «اندک بودن ترسیمات و روش‌های هندسی ارائه شده در کتاب بوزجانی» (طاهری، ص ۵)، می‌توان مشاهده کرد که حدود ۹۳ مسأله از ۱۶۰ مسأله مطرح شده در رساله به موضوع ترسیمات پرگاری شکل‌های منتظم و مباحثی در باره آن پرداخته است.

توجه و تأکید رساله علاوه بر ترسیم اشکال منتظم و هندسه پرگاری، بر صنعتگرانی است که یک سوی گفتگوی رساله را تشکیل داده و سؤالاتشان باب‌های رساله را فراهم آورده است. واژه‌هایی چون مهندسان، صاحبان فن، ماهران در صنایع، اهل صنعت، جدا کردن راه، مساحی، جدا کردن زمین، جاده‌سازی، ساختن خانه اصطلاحاتی هستند که صنعتگران و یا مسائشان را مخاطب قرار داده‌اند چنان‌که بوزجانی آورده است: «من در مجلسی حاضر بودم و آنجا جماعتی صنعتگران و مهندسان بودند و از ایشان پرسیدند که سه مربع متساوی چگونه یک مربع بسازند؟» سؤالی که به مباحثه‌ای طولانی میان صنعتگران و مهندسان انجامیده و با داوری بوزجانی همراه بوده است (آقایانی چاوشی، ص ۱۱۴). گویا در فضای پدید آمده از چنین گفتگو و ارتباط تنگاتنگی که «تعاملی میان اهل نظر و اهل عمل» در بغداد آن روزگار بود (نجیب اوغلو، ص ۱۶۸)، صنعتگران مجالی می‌یافتند تا برای سؤالات خویش پاسخی احتمالی دست و پا کنند.

بدین ترتیب در دهه‌های پایانی سده چهارم هجری، رساله «هندسه عملی» بوزجانی به منظور ارائه روش‌های هندسی، به منظور کاربرد در آثار صنعتگران، ترسیماتی را در باب‌هایی مشخصی سامان داد. ساختار کلی باب‌های رساله بر پایه طرح مسائل و مشکلات صنعتگران و راه‌کارهای این مسائل قرار دارد و تمرکز غالب آنها بر پرگار و ترسیم اشکال منتظم و روش‌های پرگاری است. اما این رساله که گفته می‌شود «از طریق آن هندسه عملی به صنعتگران آموزش داده شده، [چگونه] نقشی تعیین‌کننده در ایجاد الگوها و طراحی نقش‌ها ایفا کرده است؟» (سرهنگی و دیگران، ص ۱-۲) پاسخ در بررسی سیر تحول ساختار نقوش و تزیینات از نخستین قرون اسلامی تا پایان قرن پنجم هجری است.

بررسی ساختار تزیینات هندسی تا زمان نوشته شدن رساله بوزجانی

دستورات و شیوه‌های رساله بوزجانی با تزیینات هندسی خاصی ارتباط دارند که ساختارشان بر ترسیمات پرگاری استوار است. اما این تزیینات در چه دوره و زمانی پدید آمده و چه نسبتی با ساختار تزیینات قبل از خود داشته اند؟^۱ پاسخ نیازمند بررسی تزیینات هندسی در هنر و معماری عهد اموی و سده‌های میانه اسلامی است که در نخستین گام‌های شکل‌گیری از سنت‌های شناخته شده ساسانی و بیزانسی و میراث هنری برجای مانده از آنها متأثر بودند (هیلن براند، ص ۳۴؛ رایس، ص ۵). در هنر اموی، تزیینات هندسی، به کف‌پوش‌های موزاییکی و نورگیرها محدود بود که در حاشیه سبک غالب طبیعت‌گرایانه غیرشمایلی این دوره قرار داشت (الاسعد و سعیدپور، ص ۱۳). منشأ این تزیینات هندسی نقوش و آرایه‌های یونانی-رومی بود (کرسول، ص ۷۲)، که توسط استادکارانی از قسطنطنیه، به هنر و تمدن اسلامی راه یافت (گرابار، ۱۳۷۹، ص ۱۴۴).

این تزیینات هندسی بر زیرنقش شبکه استوار بود؛ ساختاری دوگانه که حاصل چینش مثلث‌های متساوی‌الاضلاع در شبکه مثلث و جدول‌های سامان یافته بر مربع‌های چفت و بسط شده به یکدیگر در شبکه مربع است. از این دو شبکه اصلی اسلوب‌های فرعی دیگری از ترکیب با دایره یا از چرخش ۴۵ درجه‌ای شبکه مربع پدید می‌آید. نورگیرها و تزیینات هندسی مسجد جامع دمشق (۸۷-۹۶ق) (گرابار، ۱۳۹۶، ص ۱۵۰) و موزائیک کاری‌های خرابه المفجر (۱۰۵-۱۲۵ق) نمونه‌هایی هستند که بر اساس این شبکه‌ها درست شده‌اند (کرسول، ۱۳۹۳، ص ۱۸۱-۱۸۲، ۱۹۶؛ نیز نک: تصویر a) و به طور کلی آنها را به سه گروه «بند بند»، «کلاسیک» و «کاغذ دیواری» تقسیم می‌کنند (گرابار، ۱۹۹۲، ص ۱۳۷-۱۳۹).

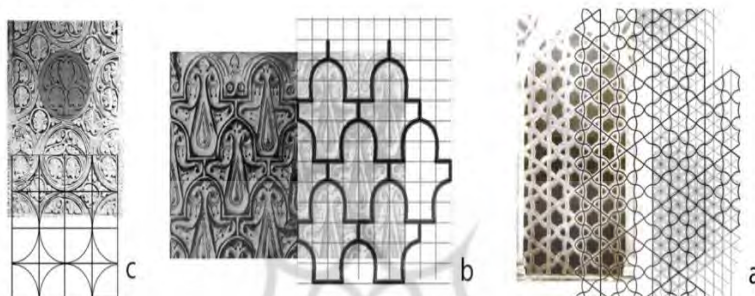
به‌کارگیری این سبک هندسی در اوایل عصر خلفای عباسی (نجیب اوغلو، ص ۱۳۱)، غالب تزیینات هندسی این دوره تا قرن چهارم هجری را با سبک اموی پیوند می‌داد (اتینگهاوزن و گرابار، ص ۱۰۸).^۳ تزیینات گچ‌بری مساجد «نه گنبد» (نیمه

۱. این موضوع در مقاله دیگری با عنوان «بررسی زمینه‌ها و ساختار تزیینات هندسی در آثار هنری ایران دوره سلجوقی» توسط همین نویسندگان مورد بررسی قرار گرفته است.

2. Grabar

۳. برای مطالعه بیشتر نک: کرسول، ص ۳۲۱-۳۶۴؛ گرابار، ۱۳۷۹، ص ۲۱۱-۲۱۸؛ رایس، ص ۳۴؛ گرابار، ۱۳۹۱، ص ۷۴-۷۵.

نخست قرن سوم) (کرسول، ص ۳۴۰) «جورجیر» (قرن چهارم هجری) (هیل و گرابار، تصویر ۳۱۲)، «جامع نائین» (قرن چهارم هجری) (پوپ، ص ۸۴-۸۵) و همچنین آرایه‌های مزار عرب آتای در تیم ناحیه سمرقند (۳۵۶-۳۵۷ ق) (اتینگهاوزن و گرابار، ص ۳۰۳) نمونه‌هایی از غلبه ساختار شبکه بر نقوش و تزیینات هنر و معماری تا اواخر قرن چهارم هجری هستند (تصویر b۱ و c۱).

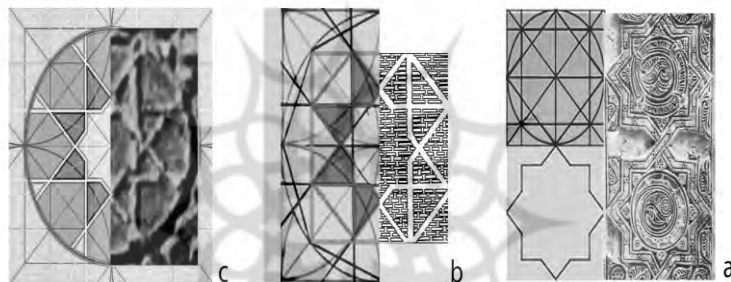


تصویر ۱. تزیینات پدید آمده بر ساختار شبکه a: دمشق، مسجد جامع، سال ۸۷ق، شبکه مرمرین (کرسول، ص ۵۵؛ ترسیم از نگارنده)؛ b: سامرا، قرن سوم، گچ‌بری تزیینی (هیلن براند، ص ۴۰۳؛ ترسیم از نگارنده)؛ بلخ، مسجد نه گنبد، قرن سوم، تزیینات گچ‌بری (www.archnet.org؛ ترسیم از نگارنده)

برآمدن ساختار نونگارهای پرگاری

هرچند تا واپسین دهه‌های قرن چهارم هجری، ساختار شبکه بر تزیینات هنر و معماری تسلطی بی چون و چرا داشت، با این حال این دوره شاهد پدیدار شدن نونگارهایی است که بر ترسیم اشکال منتظم به شیوه هندسه پرگاری تکیه دارد. به‌رغم برخی شباهت‌ها، این نگاره‌ها قابلیت ترسیم بر اسلوب شبکه را ندارند و بر ساختار ترسیمی کاملاً متفاوتی استوار هستند. این اسلوب جدید تزیینی هم‌زمان با پیشرفت چشم‌گیر مسلمانان در علوم هندسی به آرامی رخ نمود (الاسعد و سعیدپور، ص ۱۳) و در قرن پنجم هجری و عصر سلجوقیان بزرگ به فعلیت تام رسید (نجیب اوغلو، ص ۱۳۷). ساختار این اسلوب نو (که پس از این دوباره به آن باز خواهیم گشت)، چنان به پرگار، ترسیمات پرگاری و دقت حاصل از آن وابسته است که بدون استفاده از این ابزار ترسیم

این تزیینات غیرممکن خواهد بود. به نظر می‌رسد تزیین «هشت و چلیپای»^۱ جامع نائین (پوپ، ص ۸۴-۸۵) و گچ‌بری نیشابور، هر دو در قرن چهار هجری (تصویر ۲)، ساده‌ترین نمونه‌های شکل یافته در این سبک هستند که در برج شبلی (قرن ۵ ق) (کاتلی و هامبی، ص ۱۰۸) تکرار شده‌اند و نقش پیچیده‌تری نیز پدید آورده‌اند. گسترش این الگو تا نیمه دوم قرن پنجم هجری مجموعه‌ای از نونگارهای هندسی را در برج‌های دوگانه خرقان (برج شرقی ۴۶۰ ق و برج غربی ۴۸۸ ق) (استروناخ، ص ۶)، گنبد تاج الملک مسجد جامع اصفهان (۴۶۶ ق) (رایس، ص ۶۴)، سه گنبد ارومیه و مقبره علاءالدین ورامین (قرن ۶ ق) (پوپ، ص ۸۹)، آرامگاه خواجه اتابک و مسجد جامع فریومد (قرن ۶ ق) (هیل و گرابار، تصاویر ۵۳۴ و ۵۷۶) فراهم آورد.



تصویر ۲. سیر تکاملی نونگارهای پرگاری، از «هشت و چلیپا» تا «شمسه و هشت ترنج» بر اساس زیرنقش چهار منتظم. a: نیشابور، قرن چهارم، تزیینات گچ‌بری (باثر،^۲ ص ۱۲۲؛ ترسیم از نگارنده)؛ b: دماوند، برج شبلی، قرن پنجم، تزیینات آجری (استروناخ، ص ۱۶؛ ترسیم از نگارنده)؛ c: خرقان، برج‌های دوگانه، قرن پنجم، تزیینات آجری (استروناخ، تصویر ۹ الف؛ ترسیم از نگارنده)

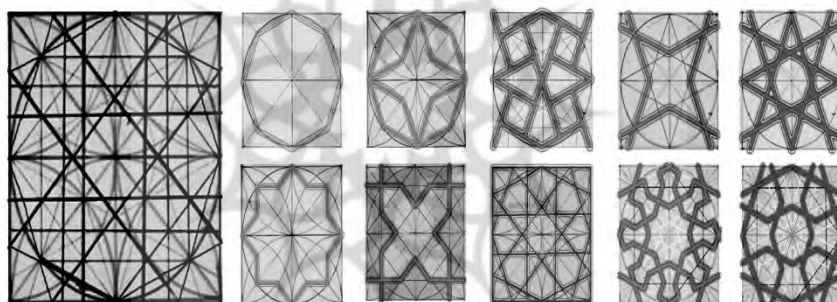
نقش راه‌کارهای رساله هندسه عملی بوزجانی در ترسیم نونگارهای پرگاری

قبل از هر چیز باید پرسید بررسی سیر تحولات دانش هندسه و روند تکامل تزیینات هندسی، ارائه دهنده چه شواهدی است تا بتوان آن را به منظور توضیح چگونگی تأثیر رساله بوزجانی بر شکل‌گیری نونگارهای پرگاری به کار گرفت؟ بی‌گمان اتفاقی نیست که این دو از وجوهی مشترک و اساسی برخوردارند. وجوه مشترکی چون به‌کارگیری پرگار به عنوان اصلی‌ترین ابزار ترسیم و به‌کارگیری دستوراتی یکسان در طراحی اشکال

۱. «هشت و چلیپا» از طریق ترسیم در شبکه نیز پدید می‌آید با این تفاوت که نقش به‌دست آمده در شبکه بر خلاف نقوش سبک پرگاری از ویژگی انتظام نقش و اضلاع هم اندازه برخوردار نیستند.

منتظم تا هم‌زمانی و یا تأخر در رخ نمودن تزیینات متکی به هندسهٔ پرگاری در هنر و معماری اسلامی به نسبت زمان نگارش رسالهٔ هندسهٔ عملی بوزجانی. مجموعهٔ چنین شواهدی ما را بر آن خواهد داشت که این نقاط مشترک را اتفاقی فرض نکنیم و میان تزیینات برآمده از هندسهٔ پرگاری در عصر سلجوقیان بزرگ و رسالهٔ هندسهٔ عملی بوزجانی ارتباطی تصور کنیم و این ادعا با شواهد دیگری نیز تقویت می‌شود:

۱- به کارگیری اعمال هندسی رسالهٔ بوزجانی در ترسیم نقش: بررسی تزیینات نوظهور عصر سلجوقیان بزرگ آشکار می‌سازد که غالب این تزیینات با تمام تنوع و پیچیدگی ظاهریشان، از زیرنقش‌هایی محدود و مشخص برای ترسیم استفاده می‌کنند؛ اساس این ترسیمات بر پایهٔ ترسیم اشکال منتظم محاط و محیط در و بر دایره با تکیه بر ترسیمات پرگاری است و غالباً بر دو فرم کلی مربع و شش ضلعی منتظم استوار است و با تکامل زیرنقش‌ها، تزیینات پیچیده‌تری در این سیر تحول و تکامل پدید آمده است (تصویر ۳).

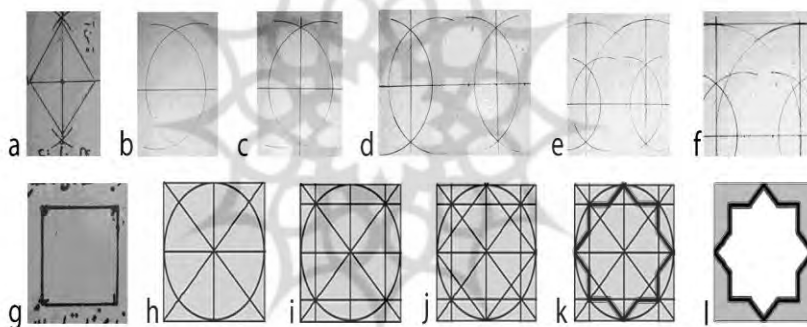


تصویر ۳. زیر نقش مربع و نقوش متفاوت حاصل از آن؛ به نسبت پیچیده‌تر شدن زیرنقش، نقوش پدید آمده نیز پیچیده‌تر می‌شوند.

شاید بهترین شیوهٔ درک چگونگی تأثیر رسالهٔ بوزجانی بر ترسیم تزیینات پرگاری انتخاب و بررسی مراحل ترسیم زیرنقشی است که تزیینات پرگاری از آن حاصل می‌شود. از این رو ترسیم نمونه‌ای چون زیرنقش مبتنی بر چهار ضلعی منتظم، به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرنقش‌های هندسی عصر سلجوقیان بزرگ، شیوهٔ به کارگیری ترسیمات موجود در این رساله را آشکار می‌کند.

آغاز ترسیم، رسم مربع با استفاده از مسألهٔ ۲۷ باب سوم است که خود به مسألهٔ دیگری وابسته به عمل گونیا است (تصویر ۲۴)، مسأله‌ای با چند شیوهٔ ترسیم در باب

اول رساله. انجام این مراحل (تصاویر b۴-f۴) تصویر ارائه شده در مسأله ۲۷ از باب سوم را پدید می آورد (تصویر g۴). نخستین و ساده‌ترین تزیین حاصل از این زیرنقش، هشت و چلیپا، نیازمند ترسیمات دیگری در این مربع است. ترسیماتی نظیر محاط کردن دایره و تقسیم آن به هشت قسمت مساوی و این مسأله ۴۸ از فصل چهارم است که در باره ساخت هشت ضلعی منتظم است و انجام آن نیازمند مسأله چهارم از باب دوم است با موضوع تقسیم زاویه به دو نیمه مساوی (تصویر h۴). ترسیم قطرهای مربع و متصل کردن نقاط برخورد دایره و قطرها به یکدیگر زیرنقشی را پدید می آورد که می توان از آن ساده‌ترین نقش را استخراج کرد (تصویر i۴-۱۴). به کارگیری دستورات بیشتری از این نوع که در رساله آمده‌اند، دستیابی به نقوش پیچیده‌تری را ممکن می‌کند. تکاملی که در پیچیده‌تر شدن نقوش برج شبلی، برج‌های خرقان و بناهایی از این دست قابل مشاهده است و تا به امروز در ترسیم چنین تزییناتی کاربرد دارد (تصویر b۲ و c۲).



تصویر ۴. مراحل ترسیم هشت و چلیپای پرگاری با به‌کارگیری دستورات بوزجانی؛ a: عمل گونیا (قربانی و شیخان، ص ۵ متن عربی رساله)؛ b-f: ترسیم مربع متساوی‌الاضلاع با استفاده از عمل گونیای بوزجانی (ترسیم از نگارنده)؛ g: مربع حاصل از عمل گونیا (قربانی و شیخان، ص ۱۶ متن عربی رساله)؛ h: عمل دایره در مربع و مثن نمودن دایره؛ i: متصل نمودن نقاط برخورد اقطار با دایره به یکدیگر؛ j: پدید آمدن ساده‌ترین زیرنقش؛ k و l: ترسیم و استخراج نهایی هشت و چلیپای پرگاری از زیرنقش مربع (ترسیم از نگارنده)

۲- نقوش موجود در رساله: به باور برخی پژوهشگران مهم‌ترین تزیین پرگاری موجود در متن رساله بوزجانی، مسأله ۱۳۹، «آخرین مسئله از باب دهم» (آقایانی چاووشی،

ص ۱۲۱-۱۲۲) است (تصویر a۵).^۱ از نظر اوزدورال این طرح ابتکاری بوزجانی، گواهی بر آغاز فرآیند ایجاد تزیینات هندسی بر مبنای مباحث رساله است. وی باور دارد که ویژگی ذاتی این نقش به دلیل تقارن چرخشی موجود در آن مورد توجه صنعتگران قرار گرفت، چنان که با افزودن چهار مثلث قرینه همسان بر محور وتر، مربع اصلی را به مربعی بزرگ‌تر تبدیل کرده و الگوی تزیینی چهار ترنج را پدید آوردند (اوزدورال، ۱۹۹۵، ص ۵). هرچند به نظر می‌رسد نخستین تزیین حاصل از این فرآیند در عصر تیموری رخ نموده است^۲ اما روند ساده‌تری نیز می‌توان در نظر گرفت؛ قرینه کردن نقش ارائه شده بر هر ضلع، طرحی به دست می‌دهد که از جمله تزیینات برج‌های دوگانه خرقان است که تنها با فاصله چند دهه از نگارش رساله ساخته شده‌اند (تصویر b۵). نقش دیگری که در متن رساله وجود دارد، نقشی معروف به «هشت و صابونک» است که از قرار گرفتن دو شکل منتظم هشت و چهار ضلعی در کنار یکدیگر پدید می‌آید (تصویر d۵) که در مسائل ۴۶ و ۴۷ از باب سوم و ۱۰۰-۱۰۲ از باب هفتم (جذبی، ص ۲۷ و ۹۷) دیده می‌شوند. همچنین از عمل ساخت هشت ضلعی در دایره (آقایانی چاوشی، ص ۵۱؛ تصویر e۵) نقشی معروف به «هشت و چهار لنگه» حاصل می‌شود (تصویر f۵). طرح دیگری که می‌توان الگوهای احتمالی آن را در رساله بوزجانی جستجو کرد، طرح گنبد تاج الملک مسجد جامع اصفهان است. این طرح که بر اساس رسم پنج ضلعی منتظم است در هفت مسأله از ۲۱ مسأله^۳ باب سیزدهم^۴ دیده می‌شود. در این میان، مسأله ۱۸۸ (جذبی، ص ۷۱) به گونه‌ای ویژه با طرح کلی گنبد تاج الملک اصفهان مطابقت دارد (تصویر ۶)؛ گنبدی که «به طور کامل بر مبنای طرح مثلث خیامی استوار بوده» و طراحی آن را به عمر خیام نسبت داده‌اند (اوزدورال، ۱۹۹۸، ص ۱۳).

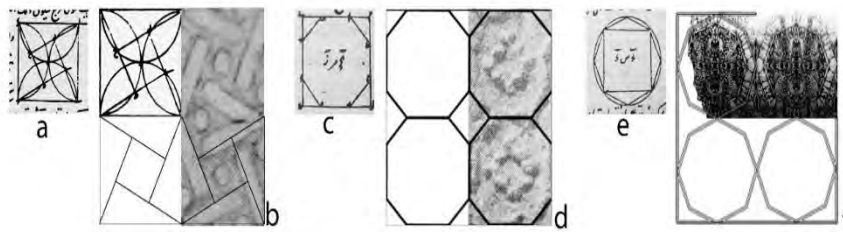
۱. برخی پژوهشگران به مسائل دیگری در رساله و ارتباطش با تزیین پرداخته‌اند. در این پژوهش تنها مسائلی مرتبط با ترسیمات پرگاری مورد توجه بوده است. برای مطالعه در باره سایر تزیینات موجود در رساله نک:

Chorbachi, Wasma'a K. (1989), "In the tower of Babel: Beyond symmetry in Islamic design".
& Özdural, Alpay, (1996), "On Interlocking Similar or Corresponding Figures and Ornamental Patterns of Cubic Equations".

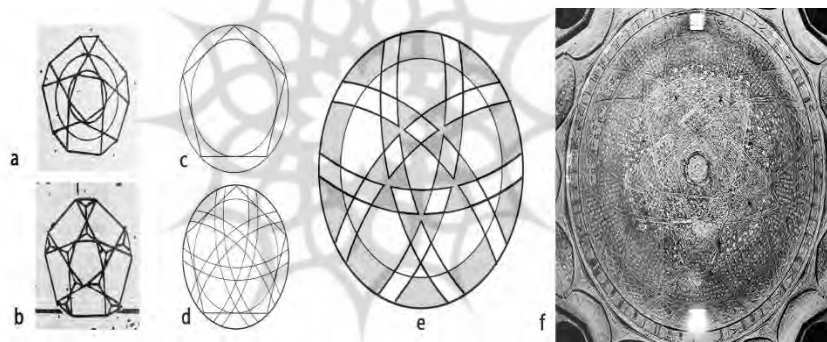
۲. برخی تزیینات مسجد جامع اصفهان بر این اساس ترسیم شده‌اند.

۳. مسائل ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۵۷، ۱۵۸ (آقایانی چاوشی، ص ۱۲۱-۱۳۶).

۴. به دلیل مفقود بودن دو باب از رساله، مجموع باب‌های ارائه شده در کتاب‌های منتشر شده بر اساس یازده باب سامان یافته است.



تصویر ۵. تزئینات پرگاری هنر سلجوقی، با الهام از طرح‌های رساله بوزجانی؛ a: در قسمت و تألیف مربعات (قربانی و شیخان، ص ۶ متن عربی رساله)؛ b: خرقان، برج‌های دوگانه، تزئینات آجری بر اساس طرح a (ماهرالنقش، ص ۱۶) (ترسیم از نگارنده)؛ c: عمل مضمن در مربع (قربانی و شیخان، ص ۳۵ متن عربی رساله)؛ d: اصفهان، مسجد جامع، تزئینات آجری، ترسیم نقش هشت و صابونک بر اساس شکل c (هیل و گرابار، تصویر ۳۰۹؛ ترسیم از نگارنده)؛ e: عمل مضمن در دایره (قربانی و شیخان، ص ۲۵ متن عربی رساله)؛ f: اطلس نیلی رنگ، ترسیم هندسی بر اساس طرح e (پوپ، ص ۱۳۵؛ ترسیم از نگارنده)



تصویر ۶. ساختار گنبد مسجد جامع اصفهان بر اساس پنج ضلعی منتظم محاط در دایره؛ a و b: نحوه ترسیم چندوجهی‌ها در کره (قربانی و شیخان، ص ۶۸ متن عربی رساله)؛ c، d و e: مراحل ترسیم نقش گنبد تاج الملک اصفهان بر اساس پنج ضلعی منتظم محاط در دایره (ترسیم از نگارنده)؛ f: اصفهان، مسجد جامع، گنبد تاج الملک، تزئینات آجری (www.Archnet.com)

علاوه بر این، به نظر نمی‌رسد شرح‌ها و استنساخ‌های به عمل آمده از این رساله با هدفی غیر از جنبه عملی آن به انجام رسیده باشد. زیرا بنا به گفته خود بوزجانی، این رساله عاری از برهان‌های محض هندسی بوده و به تبع آن از کاربردی مؤثر در هندسه نظری برخوردار نیست. با وجود نداشتن کاربردی مهم و مؤثر در هندسه نظری، آیا هدفی جز کاربرد عملی می‌توان برای این شرح‌ها و استنساخ‌های انجام شده در دوره‌های مختلف در نظر گرفت؟ بررسی رساله کوبانی با موضوع ترسیمات کره، در عصر

تیموری، این نکته را قابل تأمل تر خواهد ساخت، زیرا قرار گرفتن رساله بوزجانی به عنوان مقدمه این رساله ترسیمی حکایت از دیدگاهی دارد که این رساله را به عنوان مقدمه‌ای بر ترسیم تزئینات هندسی فرض کرده است.

نتیجه

به نظر می‌رسد هرگونه قضاوتی در باره چگونگی تأثیر رساله «هندسه عملی» بوزجانی بر شکل‌گیری تزئینات متکی به ترسیم نقوش منتظم به شیوه هندسه پرگاری وابسته به این موضوع خواهد بود که آن را چگونه رساله‌ای در نظر بگیریم؟ به طور قطع نمی‌توان آن را تألیفی در شاخه هندسه محض دانست، همچنان که نمی‌توان آن را رساله‌ای در جهت ترغیب صنعتگران به کاربرد هندسه در عمل به حساب آورد، که به عکس، این رساله‌ای است که به دلیل نیاز طبقه صنعتگران به هندسه پدیدآمده است. دور از ذهن نیست که تلاش طبقه صنعتگر قرن چهارم هجری در استفاده از روش طراحی اشکال منتظم و دانش نوپای ترسیم پرگاری، ایشان را در برهان‌های پیچیده رساله‌های محض هندسی گرفتار نموده و نیاز به تبیین و توضیح چنین مسائلی را برایشان پدید آورده باشد؛ وظیفه‌ای که محول نمودنش به بوزجانی، این رساله را به گونه‌ای قابل فهم و به آسان‌ترین شکل ممکن پدید آورد.

اکنون روشن است که رساله بوزجانی نه پدیدآورنده ترسیمات اشکال منتظم هندسی و هندسه پرگاری و نه عامل گرایش صنعتگران به چنین هندسه‌ای است. اهمیت این رساله به دلیل نقش واسطی است که میان هندسه نظری و کاربرد آسان آن در میان صنعتگران ایفا کرده است و شاهد موفقیت رساله در ایفای چنین نقشی، شکل‌گیری سبکی تزئینی مبتنی بر ترسیمات پرگاری اشکال منتظم است که در عصر سلجوقیان بزرگ رخ نمود و به یکی از مهم‌ترین اسلوب‌های تزئینی در هنر و معماری اسلامی تبدیل شد. از این رو می‌توان رساله «هندسه عملی» بوزجانی را کتابچه‌ای راهنما با دستوراتی پایه‌ای و مقدماتی دانست که به ساده‌ترین شکل ممکن صنعتگران را قادر ساخت تا با ترسیم و تکامل زیرنقش‌هایی منتظم و متکی به هندسه پرگاری، بر حسب ذوق و خلاقیتشان، نقوشی نو، متفاوت و پیچیده را پدید آورند. شاید تنها پس از تدوین و نگارش رساله‌هایی در هندسه عملی پرگاری و به‌کارگیری آنها در ترسیم تزئینات سبک سلجوقی است که می‌توان این شاخه از هندسه را در سنت آموزش سینه به سینه جماعت بنایان و صنعتگران جستجو کرد و از آن سخن به میان آورد.

منابع

- آقایانی چاوشی، جعفر. (۱۳۸۹ش). کتاب النجاره. تهران: میراث مکتوب.
- الاسعد، محمد و سعید سعیدپور. (۱۳۷۶ش). «کاربردهای هندسه در معماری مساجد». هنر و معماری، شماره ۳۳، ص ۴۴-۵۳.
- انوار، عبدالله. (۱۳۸۳ش). «سیر هندسه اقلیدسی از اقلیدس تا شیخ الرئيس بوعلی سینا». تاریخ علم، شماره دوم، ص ۱۱۹-۱۳۵.
- ابن ندیم، محمد بن اسحق. (۱۳۸۱ش). الفهرست. ترجمه رضا تجدد. تهران: اساطیر.
- اتینگهاوزن، ریچارد و اولگ گرابار. (۱۳۹۱ش). هنر و معماری اسلامی. ترجمه یعقوب آژند، تهران: سمت.
- استروناخ، دیوید و کایلر یانگ. (۱۳۴۸ش). «سه آرامگاه برجی از دوره سلجوقی». ترجمه مجید وهرام. مجله بررسی های تاریخی، شماره ۲۳ و ۲۴، ص ۳۳۵-۳۹۸.
- برگرن، جان لنارت. (۱۳۹۲ش). «پژوهش های انجام شده در تاریخ ریاضیات دوره اسلامی تا سال ۱۹۸۵». مترجمان: فاطمه سوادى و محمد باقرى. میراث علمى اسلام و ایران شماره دوم، ص ۵-۳۶.
- پوپ، آرتور. (۱۳۹۳ش). معماری ایران. ترجمه غلامحسین صدری افشار. تهران: دات.
- جذبی، علیرضا. (۱۳۹۲ش). هندسه ایرانی. تهران: سروش.
- رایس، دیوید تالبوت. (۱۳۸۶ش). هنر اسلامی. ترجمه ماه ملک بهار. تهران: علمی و فرهنگی.
- طاهری، جعفر. (۱۳۹۰ش). «نقد بر تحقیق و تصحیح «ترجمه کتاب النجاره» بوزجانی». کتاب ماه علوم و فنون، شماره ۵۳، ص ۳-۹.
- طاهری، جعفر و هادی ندیمی. (۱۳۹۱ش). «بازخوانی میراث ابوالوفاء بوزجانی در صناعات معماری». تاریخ علم، شماره ۱۳، ص ۶۵-۹۱.
- قربانی، ابوالقاسم و محمد علی شیخان. (۱۳۷۱ش). بوزجانی نامه. تهران: انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.
- قربانی، ابوالقاسم. (۱۳۷۵ش). زندگی نامه ریاضی دانان دوره اسلامی از سده سوم تا یازدهم. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- قفطی، علی بن یوسف. (۱۹۰۳م). تاریخ الحکما. به کوشش یولیوس لیپرت. لایپزیگ.
- کاتلی، مارگریتا و لوئی هامبی. (۱۳۹۴ش). هنر سلجوقی و خوارزمی. ترجمه یعقوب آژند. تهران: مولی.
- کرامتی، یونس. (۱۳۸۳ش). «پاپوس». دایرةالمعارف بزرگ اسلامی، ج ۱۳. تهران: مرکز دایرةالمعارف بزرگ اسلامی، ص ۴۸۹-۴۹۴.

۱۴۸ / تاریخ علم، دوره ۱۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶

- _____ . (۱۳۸۷ش). «تسیع دایره». دایرةالمعارف بزرگ اسلامی، ج ۱۵. تهران: مرکز دایرةالمعارف بزرگ اسلامی، ص ۲۹۱-۲۹۴.
- _____ . (۱۳۹۰ش). «زندگی نامه و کارنامه علمی ابوالوفای بوزجانی». کتاب ماه علوم و فنون، شماره ۵۶، ص ۹۲-۱۱۵.
- کرسول، کی.اس.سی. (۱۳۹۳ش). گذری بر معماری متقدم مسلمانان. ترجمه مهدی گلچین عارفی. تهران: فرهنگستان هنر.
- گرابار، اولگ. (۱۳۷۹ش). شکل گیری هنر اسلامی. ترجمه مهرداد وحدتی دانشمند. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- _____ . (۱۳۹۶ش). شکل گیری هنر اسلامی. ترجمه مهدی گلچین عارفی. تهران: نشر سینا.
- ماهرالنقش، محمود. (۱۳۸۱ش). میراث آجرکاری ایران. تهران: سروش.
- مک کلین، جیمز ادوارد و درن. هرولد. (۱۳۸۸ش). تاریخ علم و فن آوری. ترجمه عبدالحسین آذرنگ و نگار نادری. تهران: نشر سخن.
- میر ابوالقاسمی، سید محمد تقی و محمد باقری. (۱۳۸۲ش). «رسالة عبدالرحمن صوفی در باره هندسه پرگاری». تاریخ علم، شماره اول، ص ۸۹-۱۴۲.
- نجیب اوغلو، گل رو. (۱۳۸۹ش). هندسه و تزئین در معماری اسلامی. ترجمه مهرداد قیومی بیدهندی. تهران: روزنه.
- هیل، درک و اولگ گرابار. (۱۳۸۶ش). معماری و تزئینات اسلامی. ترجمه مهرداد وحدتی دانشمند. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
- هیلن براند، روبرت. (۱۳۸۶ش). هنر و معماری اسلامی. ترجمه اردشیر اشراقی. تهران: روزنه.
- _____ . (۱۳۹۳ش). معماری اسلامی. ترجمه باقر آیت الله زاده شیرازی. تهران: روزنه.
- Bloom, Jonathan M. (1993). "On the Transmission of Designs in Early Islamic Architecture". *Muqarnas*, vol. 10, pp. 21-28.
- Baer, Eva. (1998). *Islamic ornament*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Chorbachi, W. K. (1989). "In the Tower of Babel: Beyond Symmetry in Islamic Design". *Computers Math. Applic*, 17 (4-6), pp. 751-789.
- Grabar, Oleg. (1992), *the Mediation of Ornament*. Washington D. C.: The National Gallery of Art.
- Özdural, Alpay. (1998). "A Mathematical Sonata for Architecture: Omar Khayyam and the Friday Mosque of Isfahan". *Technology and Culture*. vol. 39, No. 4 (Oct), pp.699-715.
- _____ . (1995). "Mathematicians, and 'Conversazioni' with Artisans". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 54, No. 1, pp. 54-71.
- Sarhangi, R., Jablan, S. and Sazdanovic, R. (2005). "Modularity in Medieval Persian Mosaics, Textual, Empirical, Analytical, and Theoretical Considerations". *Visual Mathematics Journal*, vol. 7, No. 1, pp 281-292.