مقاله پژوهشی

صفحات
۶۶_۷۹
تاریخ دریافت مقاله:
۱۴۰۰/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش نهایی:
۱۴۰۰/۱۲/۲۳

روش‌های عددی برای توضیح الگوی کاربرد رنگ در پوستهٔ گنبدهای دورهٔ صفوی

لیلا ناصری محمدپور[۱] ، احسان حیدری زادی[۲]* ، الهام مختاری اوغانی[۳]

چکیده

سیر تکوین معماری سنتی ایران با ظهور عناصری هویت‌ساز چون گنبد در جهت نوعی کمال‌گرایی حرکت می‌کند. گنبد ایرانی به لحاظ وجهه اصیل تاریخی، مبانی نظری قوی، ویژگی‌های منحصر به فرد نیارشی و خنک نگه‌داشتن فضای تحت پوشش خود به عنوان یک المان مهم در معماری مطرح می‌شود که در انواع بناها به کار گرفته شده است. گنبد در واقع ارائهٔ یک معماری کامل است، چه آن جا که کاربرد سازه‌ای داشته و چه آن‌جا که نمادی از حقایق ماورائی باشد. در واقع گنبد به عنوان یک نشانهٔ شهری با شکستن خط آسمان و هدایت دید به سمت دنیای پرنقش و نگار خود، به خوانایی فضا کمک می‌کند. در فرایند شکل دادن به فضا در معماری ایرانی، شاهد انتزاع رنگ‌ها و تصاویر در ساختمان‌ها هستیم. معمار ایرانی با استفاده از آرایه‌های متنوع دست به آفرینش می‌زند. اوج تجلی و نمایش صفات آرایه‌ها در گنبد نمایان می‌شود و رنگ که به عنوان یک عنصر بصری کارآمد در منظر شهری مطرح است، این شکوه و جذابیت را دو چندان می‌نماید. در واقع رنگ، ابزاری است که معمار می‌تواند به وسیله آن فرم را هویت بخشد و منطق بصری فضا را تحت تاثیر قرار دهد. رنگ‌ها در گنبد راوی معنایی عمیق و عرفانی هستند که ذهن بیننده را در راستای کشف و شهود سوق می‌دهند. نقش‌ها، اشکال و الگوهای اسلیمی و هندسی، همراه با استفاده آگاهانه از رنگ و توجه به هارمونی و تضاد، در سایه نظمی بدیع، گنبد را به عنوان یک عنصر شاخص معنایی مطرح کرده و حس هماهنگی و پیوستگی را به ذهن بیننده متبادر می‌سازد.هر رنگ روی گنبد بخشی از کلیت بزرگ‌تری است که بازتابی از مفهوم بنیادینی دارد، تا حقیقتی ماورائی را تصویر کند. اوج این هنرنمایی و رمزپردازی را در دوره صفویه شاهد هستیم. این پژوهش می‌کوشد تا با بررسی چگونگی همنشینی رنگی در پوستهٔ بیرونی گنبدخانه‌ها در دورهٔ صفوی، الگوی رنگی را ارائه دهد تا برای فضاسازی با هویت در معماری امروز ایران قابل استفاده باشد. در این پژوهش از روش مدل‌سازی رایانه ای و ازمودن نتایج به شیوه استدلال منطقی و مشاهده و تجربه استفاده شده است.

واژگان کلیدی: معماری ایرانی، گنبد، رنگ، آرایه.

۱.کارشناسی ارشد معماری بایونیک،موسسه آموزش عالی رسام E-mail: Naseri.Mohammadpour.Leila@gmail.com
۲.دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب، دانشکده هنر و معماری، واحد فب‌لب(*نویسنده مسئول)
E-mail: Heidarizadi.ehsan.@ wtiau.ac.ir
۳دانشجوی کارشناسی معماری داخلی، دانشگاه آزاد تهران غرب، واحد پیامبر اعظم E-mail: Elham.Mokhtari.wtiau@gmail.com

۱- مقدمه

شتاب‌زدگی در معماری امروز سبب شده است که توجه کافی به رابطهٔ بین وجوه بنا و نیازهای انسانی صورت نگیرد. در نتیجه شاهد ساختارهایی نامنسجم هستیم که پاسخ‌گویی فضایی مطلوبی ندارند. بنابراین بازخوانی الگوهای معماری کهن و تلفیق آن با معماری نوگرا ضروری است. معماری سنتی ایران به جهت خصوصیاتی چون طراحی همساز با محیط و خوانایی در فضا، محاسبات دقیق و رعایت مسائل فنی، مبانی نظری قوی، استفاده از عناصر معنادار و آرایه‌های متنوع دارای هویتی اصیل است. تناسب صحیح میان جزء و کل، در فرایند شکل‌گیری یک فضا موثر است. فرم یک بنا اولین برداشت بیننده از فضا می‌باشد که نقش مهمی در محتوا و هویت اثر معماری دارد. پارامترهایی چون هندسه، بافت، نقش، مصالح، نور و رنگ به کالبد معنا می‌دهند و در صورت ادغام سنجیده این عناصر، نوع و کاربرد بناها به خوبی درک شده و به هیجان دیداری منتج می‌شود.

در این میان، آرایه‌ها گنجینه‌هایی هستند که موجب غنای معماری شده و مفاهیم مختلفی را منتقل می‌نمایند. پوشش‌ها یکی از پارامترهای فرمی در معماری ایرانی هستند. پوستهٔ گنبدها با رنگ و نقش درهم‌تنیده شده گویی یک کل واحد را تشکیل داده، موجب برانگیختن احساسات مخاطب می‌شود و در هویت‌بخشی به شهر نقش مهمی را ایفا می‌کند. همین ویژگی سبب پایداری اثر بر ذهن بیننده می‌شود و رنگ که یکی از مدرکات بصری است (استوار،۱۳۹۱،۷)، به درک یک فرم معماری کمک می‌کند. رنگ از طریق تأثیر بر وزن، سختی، دما، قابلیت انعطاف، فاصله و اندازه اشیا بر ادراک ما از محیط اثر می‌گذارد (استوار،۱۳۹۱،۲۷) و فرایند تکامل و تحول فضا را کامل می‌کند. بهره‌گیری از رنگ در بنا شخصیت و مکان آن را مشخص می‌نماید. در واقع حس یک فضا با رنگ منتقل می‌شود. رنگ‌های متفاوت هرکدام دارای یک اثر ویژهٔ روانی بر روی بیننده هستند. این اثر بیش از هر چیز تابع سه عامل است: الف) مکانی که رنگ در آن به‌کار رفته است ب) فرهنگ یا به‌عبارت‌دیگر واحدهای قیاس ذهنی که در هر جا به‌گونه‌ای اعتبار دارند و ج) عوامل اجتماعی - روانی که بر بیننده اثر دارند (گروتر،۲۰۰۹،۴۹۶).

رنگ از دیرباز موردتوجه بشر بوده است. کاربرد آن در نقاشی‌ها و بناها از نقاشان رومانسک و اوایل گوتیک گرفته تا رم و بیزانس، چینی‌ها، مصریان و یونانیان را شامل می‌شود. در ابتدای دوران مدرن شاهد کالبدهایی هستیم با سطوح صاف، خطوط ساده و اشکالی چون مکعب و دایره که با رنگ‌های مونوکروم آذین شده بودند. اما امروزه کاربرد رنگ در احجام و بناها بیشتر از گذشته است و در معماری سنتی ایران به تمامیتش در بناها حضور می‌یابد. دوران صفویه به‌واسطهٔ به‌کارگیری فنون بصری کارآمد، شناسنامه‌ای هویت‌بخش در معماری ایران محسوب می‌شود. هنگامی‌که از دور به معماری صفویه نگریسته شود، صفحات دارای رنگ درخشان که نور دریافتی را به نحو تعجب‌آوری همانند پارچه‌ها و فرش‌های ابریشمی صفوی، باز می‌تابانند، احساس زیبایی خیره‌کننده‌ای به وجود می‌آورند. ساختار نامشخص و از لحاظ تماشا غیر مهم می‌شود، ولی سطوح مکرر کاشی‌های درخشان، به منظره‌ای شفاف، مجرد و روحانی تبدیل می‌شود (مقدم پور،۱۳۹۵،۶۰). بنابراین در این پژوهش به بررسی رنگ در دورهٔ صفویه پرداخته می‌شود و با استفاده از نرم‌افزار و پلاگین گرسهاپر و زبان برنامه‌نویسی سی‌شارپ(c#) به بررسی روابط عددی بین بسامد و طول موج رنگ‌ها در گسترهٔ موردنظر می‌پردازیم.

۲- سوال پژوهش

- چگونه می‌توان کیفیت هم نشینی رنگ را با معیارهای کمی ارزیابی و بررسی نمود و برای این موضوع از چه ابزارهایی می‌توان استفاده کرد؟

۳- روش تحقیق

روش گردآوری مطالب در این پژوهش، استفاده از مطالعات میدانی بود. برای تحلیل این داده‌ها از دو شیوهٔ دیداری و به کارگیری نرم افزارهای دیجیتالی مبتنی بر شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده شده است. سپس با استدلال منطقی و تحلیل محتوا، نتایج نهایی به دست آمده‌اند.

۴- مبانی نظری

- **آرایه‌های معماری ایرانی و پوستهٔ گنبدها**

آرایه‌ها که کوچک‌ترین بخش تجزیه‌ناپذیر و مجزا در یک بنا هستند، دستاوردی مهم در معماری محسوب می‌شوند و در ترکیب با فرم‌های معماری به‌قدری تأثیرگذارند که در بالابردن کیفیت بنا نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند؛ بنابراین انتخاب آن‌ها به‌عنوان پارامترهای مؤثر در انتقال مفاهیم و محتوای فکری سازندگان آن منطقی به نظر می‌رسد. گنبد به‌واسطه ریشه‌دار بودن در فرهنگ و معماری ایران می‌تواند محمل مناسبی برای احراز هویت معماری ایرانی باشد.

شکوه و بی‌مانندی گنبد به‌واسطهٔ رنگ و نقش دوچندان شده و این هنر ایرانی زاد را در اذهان ماندگار می‌نماید. شکل گنبد تصویری بسیار مهم دارد (اردلان و بختیار ۱۰۴،۱۳۹۰). رنگ‌ها و الگوها در سطح گنبد که با تکرار و تقارن درهم می‌پیچند، آن را یک اثر هنری کرده است. طوری که در عین مجزا بودن قطعات یک کل واحد را تشکیل داده و حس تعلق را در بیننده القا می‌کند. رنگ‌ها، سرد و مطیع، خیال عقل را گسترش می‌دهند و اشتیاق جان را جذب می‌کنند (اردلان و بختیار ۱۰۴،۱۳۹۰)؛ بنابراین رنگ در پوسته گنبدها اهمیت دوچندان می‌یابد. در بررسی رنگ در پوسته تنها فام رنگی نیست که این ترکیب بی‌نظیر را معرفی می‌کند. الگوها و رنگ‌ها، هم درونی و هم بیرونی، می‌توانند در این سبک ظاهری مفید باشند. ضمناً تأثیر نمادین شکل را هم تقویت می‌کنند (همان). از آن جا که تزئینات و استفاده از رنگ از منظر اهمیت و تنوع در دوره صفویه به اوج خود می‌رسد، لذا این بازهٔ زمانی برای تحقیق انتخاب شده است. در این عصر آجرهای مربع کاشی منقوش، معروف به آجرهای «هفت‌رنگ» در بناها در مقیاس گسترده مورد استفاده قرار گرفت. نقش‌ونگار کاشی‌ها و رنگ‌های آنها زینت خاصی به بناهای این دوره بخشیده است(کلایی و همکاران،۱۳۹۴،۲).

آن چه که از بررسی رنگ در پوسته‌ها برمی‌آید گواه آن است که رنگ‌ها در گنبد دارای سطوحی مختلف هستند با کاربردی ویژه. هر جزء از این مجموعه به صورتی نقش شده است که در چهارچوب خود به تکامل رسیده و از طریق درهم تنیدن و تکرار سعی بر وحدت بخشیدن به عنصر دیگر مجموعه دارد و کل آن چون واحدی است نمایانگر وحدت و تعادل. بنابراین اگر هر عنصر را نماینده یک رنگ در نظر گرفته شود، می‌تواند نمایشی از سازماندهی بسته‌های رنگی و دیاگرام ارائه دهد (شکل۲). برای دست‌یافتن به چگونگی این توزیع می‌بایست این عناصر به‌صورت جداگانه در پلان مشخص شوند. شکل ۲ نمای گنبدی را نشان می‌دهد که اجزاء مشابه آن با طیفی خاکستری‌رنگ مشخص شده‌اند.

شکل ۱. ساده سازی مقرنس به دانه بندی‌های رنگی (مأخذ: نگارنده)

شکل ۲. عناصر سازندهٔ پوسته (مأخذ: نگارنده)

- **رنگ**

رابطهٔ بشر با دنیای رنگ را می‌توان به طور مشروط به " قبل از نگاه علمی به مقولهٔ رنگ" از دوران ماقبل تاریخ تا پایان قرن شانزدهم و "دیدگاه علمی" از قرن هفدهم تا امروز تقسیم کرد (نستروف، فدوروا،۲۰۱۷،۳). از زمان ارسطو در قرن ۴ قبل از میلاد، دانشمندان، فلاسفه و هنرمندان مطالعه رنگ را برای درک بهتر پدیده‌های عجیب و غریب مستند کردند. درک علم رنگ از سال ۳۸۴ قبل از میلاد تا قرن بیستم به طرز چشمگیری تغییر شکل داده است. دانشمند و هنرمند به طور یکسان گرد هم آمدند تا ماهیت رنگ را کشف کنند. علوم رنگ همچنان یک زمینه مطالعاتی محبوب، اما توسعه‌نیافته است. بیشتر تحقیقات توسعه‌نیافته به این دلیل است که تا تاریخ معاصر قادر به تعریف و طبقه‌بندی دقیق رنگ‌ها نبوده‌اند. علم رنگ زمینه گسترده‌ای از مطالعه است که دارای تخصص‌های متعدد است. برخی از دارایی‌ها بیشتر ذهنی هستند و در تحقیقات نمادگرایی فرهنگی رنگ قرار می‌گیرند و برخی دیگر فنی‌تر هستند و بر اندازه‌گیری علمی طول موج‌های الکترومغناطیسی نور و کیفیت افزودنی آنها تمرکز دارند (استوکلی،۲۰۱۸،۳).

تئوگیمبل نویسنده مشهور در قسمتی از کتابش به نام "شکل، صوت، رنگ و شفا" این‌چنین می‌گوید: «در آغاز پیدایش، ظلمات حکم‌فرما بود و از این ظلمات نور سر برآورد. نور و تاریکی، رقص آفرینش را به پایکوبی برخواستند و بدین‌گونه رنگ‌های طیف متولد گردیدند» (استوار،۱۳۹۱،٤). نقاشان درگذشته بسیاری از تأثیرات رنگ را بدون آگاهی درست از آن به کار می‌بردند. ولی با مطرح‌شدن نظریه‌های رنگ، راه‌حل‌های تازه‌ای در باب حجم، نور، فضا و حرکت در اختیار نقاشان قرار گرفت. درك امروزی ما از نور و رنگ، از اسحاق نیوتن (۱۷۲٦-۱٦٤۲) و مجموعهٔ آزمایشاتی که در سال ۱٦۷۲ منتشر کرد، شروع می‌شود. تا اوایل قرن هیجدهم میلادی رنگ کردن اشیاء بیشتر جنبه هنری و تشریفاتی داشته و نقاشی با الهام از طبیعت صورت می‌گرفته است. بر اساس یافته‌های علمی این‌گونه استنباط گردیده که اشکال و نقاشی‌ها در غارها که توسط رنگ‌های به‌دست‌آمده از اُخرا، و اکسیدهای هماتیت و مگنتیت کشیده شده‌اند به چهل هزار سال قبل و به دوران انسان‌های هموساپینس بازمی‌گردد. نقاشی‌های کهن در درنادای مصر که برای سالیان متمادی بدون حفاظ و در معرض هوا بوده است، یک پدیده درخشان اثر برلینسی است که هنوز هم به همان روشنی ۲۰۰۰ سال قبل است. اولین کاربرد واقعی و کاملاً عملی رنگ را می‌توان در ساختن کشتی نوح مربوط دانست که برای جلوگیری از نفوذ آب و پوسیدگی آن از مواد رنگی استفاده شده بود (استوار،۱۳۹۱،٤-۳).

یوهانس ایتن در کتاب خود به نام «هنر رنگ» صحبت نوعی از تأثیر رنگ را می‌کند که کمتر

کسی در آن تامل می‌نماید. گفته می‌شود که چشم انسان قادر است حدود دو میلیون رنگ را از یکدیگر متمایز بنماید و تشخیص دهد. اما نکتهٔ حائز اهمیت آن است که جهان هستی ترکیب بسیار ظریف و عظیم از طیف رنگ‌های متفاوت از همدیگر است که با وجود آن اشیا از یکدیگر تمیز داده می‌شوند. واژه رنگ مترادف کلمهٔ انگلیسی Hue یا Colour،پدیده‌ای است فیزیکی که در اثر تابش و رفتار انعکاسی نور در برابر چشم ناظر، ظاهر می‌شود و پدیده‌ای است عینی و روانی. اما واژهٔ رنگ مترادف با pigment و colorant به معنی رنگ‌دانه و رنگ دهنده است که ارتباط با خواص فیزیکی و شیمیایی مولکول‌های رنگ دار دارد و ماهیت رنگ را مورد بررسی قرار می‌دهد (استوار،۱۳۹۱،٤).

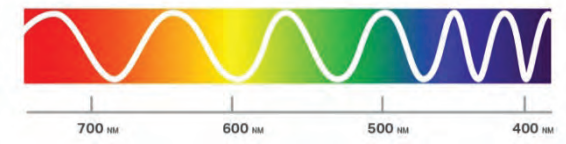
در مورد چگونگی مطالعات بر روی رنگ و تاریخچه آن باید گفت:

ارسطو احتمالاً اولین کسی بود که در مورد رنگ‌ها تحقیق کرد (کیفر،۲۰۰۳،۷). افلاطون و ارسطو معتقد بودند که رنگ از اهمیت بالاتری در ادراك برخوردار است و می‌توان آن را از نور جدا کرد. سپس نیوتن دایره رنگ را که شامل هفت رنگ قرمز- نارنجی - زرد - سبز (های) - فیروزه ای - اولترا مارین - بنفش است، تدوین کرد.

صد سال پس از نیوتن، یوهان ولفگانگ گوته (۱۸۳۲-۱۷۴۹) مشکلات رنگ را بررسی کرد و در سال ۱۷۹۳، گوته "دایره رنگ" خود را طراحی کرد. توبیاس مایر اولین سیستم رنگی سه بعدی را در سال ۱۷۷۲ ارائه داد. لمبرت در مجموع ۱۰۸ رنگ یا مخلوط آن‌ها را در هرم خود جای می‌دهد، که نوک آن سفید است. توماس یانگ، مشاهدات نیوتن در مورد درک رنگ را با این تفاوت که "احساس رنگ‌های مختلف به فرکانس مختلف ارتعاشات وابسته است، مطرح کرد. جیم کلارک مکسول فیزیکدان، "نظریه چشم انداز رنگ" خود را ارائه داد که به عنوان منبع اندازه‌گیری کمی‌رنگ شناخته شده است.در مثلث ماکسول از آنجا که مقادیر سه بعدی یا مختصات رنگ آن‌ها به یک اضافه می‌شود، این مثلث ما را قادر می‌سازد که نتیجه مخلوطی از دو رنگ را پیش‌بینی کنیم. تمام ترکیبات ممکن از هر دو رنگ بر روی خط اتصال موقعیت‌های مربوط به آن‌ها در مثلث قرار دارد(کیفر،۲۰۰۳۱،۸-۱۱).

امروزه مسلم گردیده که رنگ همانند نور دارای سرعت، طول موج، حالات ارتعاشی و تداخلی و خاصیت موجی است و اثر ذهنی و روانی در ارتباط با مغز و قوه بینایی دارد و می‌تواند به اشیاء بعد و جسمیت ببخشد. تعبیر مجموعه‌های رنگ ذهنی تنها براساس چند رنگ و ارزش بیانی آن‌ها نیست. نوع رنگ ذهنی به طور کل درجه اول اهمیت را دارد، سپس قراردادن رنگ‌ها در رابطه با هم، جهت آن‌ها، درخشش، وضوح یا ابهام، وسعت، بافت و روابط ریتمیک حائز اهمیت می‌شود(ایتن،۲۰۱۰).

رنگی که انسان درک می‌کند به دلیل وجود سه نوع مخروط حساس به رنگ در شبکیه چشم است. سه نوع مخروط تقریباً با آشکارسازهای حساس به قرمز، سبز و آبی مطابقت دارند. این مخروط‌ها طول موج‌های مختلف نوری را که از خورشید پایین می‌آیند پردازش می‌کنند. تابش الکترومغناطیسی طول موج سلول‌های مخروطی را تحریک می‌کند و مخروط‌ها در دیدن امواج به صورت رنگ کمک می‌کنند. تابش الکترومغناطیسی نوعی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی طبیعی است. رنگ یک انرژی است و ادراک رنگ نیز حاصل تعامل بین انرژی و ماده است (استوکلی،۲۰۱۸،۲٤).



شکل ۳. طول موج بر حسب نانومتر (مأخذ: حیدری زادی و همکاران)

پژوهش حاضر مبتنی بر آن دسته از نظریات رنگ است که در مورد محاسبه عددی و ریاضی بحث می‌کند ارتباط بین رنگ‌ها و هم‌نشینی آن‌ها را می‌توان از نظر روابط بین طول موج‌ها بررسی کرد.

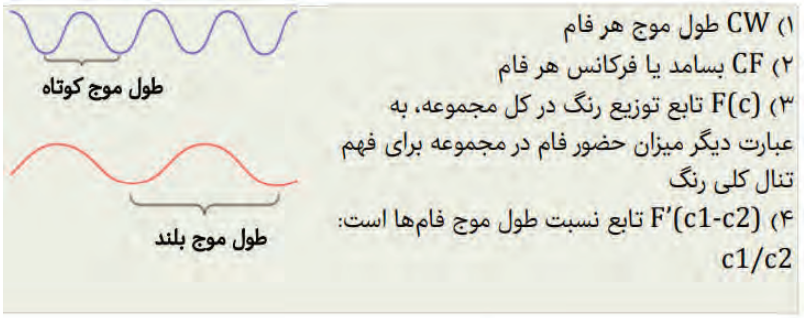
- **فیزیک رنگ و سنجش عددی رنگ‌ها**

ظهور ابزارهای دیجیتال در روند طراحی، اهمیت رنگ را افزایش داده است. طبق نظر گوته که توسط ایتن هم تایید شد، هارمونی رنگ بر اساس اندازه‌گیری هندسی و تعادل تفاوت‌های ظریف است. مدل‌های ریاضیاتی ابزاری برای تمیزکردن رنگ‌دانه‌ها در رنگ‌آمیزی از زمان‌های دور تا صفحه‌نمایش دیجیتال ایجاد کرده‌اند. پیچیدگی رنگ، تعداد و کیفیت، مقدماتی از مشخصه‌های تئوری هر رنگ است. نمایش دیجیتال اهمیت طراحی غیرمستقیم رنگ را افزایش می‌دهد و ابزار جدیدی را برای طراحی رنگ فراهم می‌کند که ریشه در تاریخ مدل‌های رنگی دارد. ترکیب رنگ یک علم نیست بلکه هنری است که مانند هندسه، معماری منطقی را بر اساس فرضیه‌های خود ایجاد می‌کند. تغییر هندسه "هماهنگی" رنگ‌ها را تغییر می‌دهد (رسی، بوراتی،۲۰۱۵،۵۶۸-۵۴۹). با استفاده از ابزارهای دیجیتال می‌توان چگونگی همنشینی رنگی را توضیح داد و از این طریق به نظامی دست یافت که این روابط را تعریف کند و تفاوت با سایر کشورها را عیان نماید. در همین راستا اگر تمام اعداد مربوط به رنگ‌ها و روابط بین آن‌ها را از طریق دیاگرام نمایش دهیم به بهبود فهم روابط میان مشخصه‌های رنگ‌ها کمک کرده‌ایم. هر گونه از رنگ دارای بسامد و طول موج مختص به خود است. رنگ مستقیم با طول موج در ارتباط است. در یک تجربه بصری، شخص به ندرت یک رنگ را به خودی خود می‌بیند. نحوهٔ تعامل و تأثیر رنگ‌ها بر یکدیگر برای علم رنگ مهم است. ترتیب قرار گرفتن رنگ‌ها در کنار هم بر نحوهٔ درک انسان از خصوصیات و صفات خود تأثیر می‌گذارد(استوکلی،۲۰۱۸،۲۷).

هنگامی‌که رنگ‌ها مخلوط می‌شوند، هر رنگ با رنگ دیگری رابطه دارد و تأثیرات آن روی یکدیگر عمیق است. مطالعه فعل و انفعالات رنگ به درک چگونگی تأثیرپذیری از آن در محیط اطراف کمک می‌کند. روش‌های مختلفی وجود دارد که رنگ‌ها با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. کنتراست رنگ، کنتراست‌های تاریک و روشن، کنتراست‌های گرم-گرم، کنتراست مکمل، کنتراست همزمان، کنتراست اشباع و کنتراست پسوند. با این حال ، قبل از اینکه به نسبیت رنگ توجه شود ، نحوه ترکیب و ایجاد رنگ برای بررسی کلی مهم است(استوکلی،۲۰۱۸،۲۹). برای این که روابط همنشینی میان رنگ‌ها در یک تصویر با دقت بیشتری انجام پذیرد، باید ابتدا رنگ‌های مشابه در یک تصویر را حذف کرد. اگر برای این منظور از نوشتن کد آن‌ها به شیوه پارامتریک استفاده شود قابل‌قبول‌تر خواهد بود. چرا که کدنویسی به ما این امکان را می‌دهد که تغییراتی روی این روابط اعمال کنیم. برای این منظور ابتدا در محیط گرسهاپر و با استفاده از زبان برنامه نویسی سی شارپ(C#) کد لازم برای به دست آوردن روابط عددی همنشینی رنگ‌ها نوشته می‌شود. یعنی پس از این که رنگ‌های مشابه در یک تصویرحذف شدند، رنگ‌های باقیمانده را با توجه به کدهای مربوط به آن‌ها وارد برنامه کرده و پردازش می‌کند.

نحوهٔ به‌دست آوردن کد به این صورت است که ابتدا باید روابط بین متغیرهای موثر در همنشینی را تعریف و تدوین کرد. با توجه به این که نسبت بسامدها(فرکانس‌ها) در همنشینی رنگی در پوستهٔ گنبدها به هم نزدیک است، یعنی در کسر صورت کسر تقریبا برابر با مخرج کسر می‌باشد، کسر به سمت یک میل می‌کند. به عبارتی دیگر، طول موج (Cw) هر فام رنگی نسبت به پیکسل همجوار و پیکسل بعدی به هم نزدیک است. برای این که بتوان رفتار همنشینی فام‌ها را پیش بینی کرد، باید برای هر فام یک گراف تنظیم شود و آن را با دیگری مقایسه کرد. گراف این چنین تولید می‌شود: ابتدا به ازای هر نقطه یک پیکسل در نظر می‌گیریم. سپس در راستای عمود به اندازه طول

موج فام رنگ جابجایی لحاظ کرده و نقاط حاصل را به شکل منحنی درجهٔ سه به هم وصل می‌کنیم.



شکل۴. معرفی توابع (مأخذ:حیدری زادی و همکاران)

به عبارتی می‌توان این‌گونه بیان کرد(شکل۵):

۱. مجموعه‌ای از نقاط، رنگ‌ها و طول موجشان در دسترس قرار می‌گیرند تا بتوان گراف مربوط به هر رنگ و درجهٔ همنشینی آن را مشخص کرد.

۲. در این قسمت بر اساس ابعاد تصویر به پیکسل، خود تصویر و محل ذخیره آن تعریف می‌شود.

۳. نقطه‌ای با مختصات سه بعدی روی همان پیکسل در نظر گفته می‌شود تا بتواند به اندازه طول موج رنگ مورد نظر حرکت کند. یعنی با در نظر گرفتن سیستم RGB که هر پیکسل در آن دارای سه مولفه از رنگ است، نرم افزار می‌تواند هر سه را استخراج کرده و سبب دست یافتن به حدود طول موج شود.

٤. در این بخش تمامی‌داده‌ها باید با یک اسم مجزا تعریف شوند تا عملیات تبدیل به گراف‌های رنگی به درستی انجام شود.

بخش ۱
```
List<Color> colors = new List<Color>();
List<Point3d> points = new List<Point3d>();
```

بخش ۲
```
System.Drawing.Bitmap img = new System.Drawing.Bitmap(filename);

int width = img.Width;
int height = img.Height;
```

بخش ۳
```
int h = (int) (height * (double) row / 100.0);
for (int w = 0; w < width; w++)
{
  Color color = img.GetPixel(w, h);
  colors.Add(color);

  int r = color.R;
  int b = color.B;
  int g = color.G;

  double elevation = e * (double) (r + g + b);

  Point3d pt = new Point3d(w, h, elevation);
  points.Add(pt);
}
```

بخش ۴
```
A = points;
B = colors;
```

شکل ۵. کد نوشته شده در محیط سی شارپ (مأخذ: حیدری‌زادی و همکاران)

درمورد چگونگی بررسی تصاویر پوسته گنبدها و نحوه همنشینی آن‌ها ذکر چند نکته ضروری است:

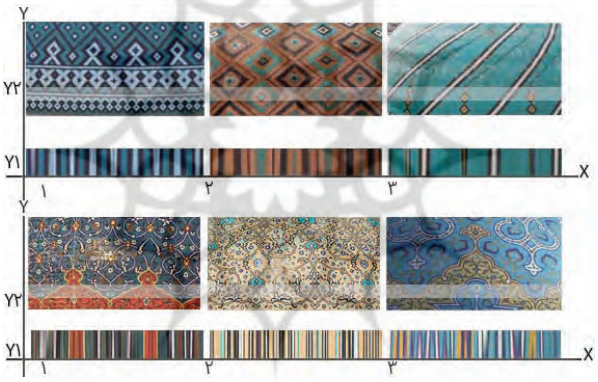
مکان هندسی نقاطی از پوسته که شامل تصویر منتخب می‌شوند، باید برابر باشد. به این معنی که اگر در تصویر اول هر عضو از اعضا با ابعاد a،b،c در محور مختصات x ،y،z ۱۰۰۰ پیکسل را شامل

شـود، تصویـر دوم نیـز همیـن تعـداد را بایـد دربربگیـرد. توجـه بـه ایـن مسـئله در ترسـیم گـراف بسـیار ضروری می‌باشـد. رزولیشـن در ایـن بخـش ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ پیکسـل در نظـر گرفتـه شـده اسـت. بـرای هـر تصویـر ۲۵٦ رنـگ وجـود دارد کـه پـس از کاهـش رنگ‌هـا (ایندکـس کـردن) بـه عـدد ۱۰۰ می‌رسـیم. بـه عبارتـی دیگـر پارامترهـای مهـم در انتخـاب هـر تصویـر چنیـن اسـت:

۱. اندازه:انـدازه واقعـی هـر پوسـته نسـبت بـه پوسـته دیگـر برابـر اسـت بـا انـدازه دو گوشـهٔ تصویـر منتخـب.

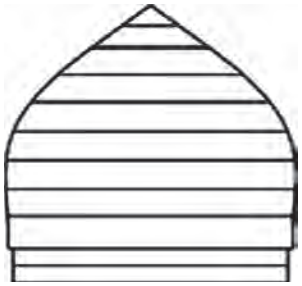
۲. فاصلـهٔ عکاسـی:همان‌طور کـه می‌دانیـم، وضـوح هـر تصویـر بـا زیـاد شـدن فاصلـه کـم می‌شـود. اگـر بخواهیـم کـه انعکاس‌هـا و سـایه‌ها در تمـام تصاویـر یکسـان باشـند بایـد زاویـه تابـش خورشـید در همـه عکس‌هـا برابـر باشـد تـا مقایسـه درسـت انجـام شـود.

بـه عنـوان نمونـهٔ مـوردی شـش پوسـته مـورد بررسـی قـرار گرفته‌انـد: شـکل ٦ نشـان‌دهنده پوسـته‌های منتخـب و چگونگـی برداشـت پیکسـلی از آن‌هـا اسـت. اگـر صفحـهٔ مختصاتـی عکـس را X ، Y در نظـر بگیریـم، نمودارهـا در راسـتای محـور Xهـا و عمـود بـر آن‌هـا یعنـی محـور Zهـا ترسـیم می‌شـوند. در شـکل ۶ محـور Y1 پیکسـل‌ها را نشـان می‌دهـد و Y2 نمایانگـر پیکسـل‌های برداشـتی اسـت. بـرای ایـن کـه شـفافیت و وضـوح دقیق‌تـر نشـان داده شـود، در جهـت محـور Y کشـیده شـده اسـت.



شکل ٦. پوسته‌های منتخب و تصاویرآماده‌سازی شده (مأخذ:نگارنده)

در شـکل ۷ میـزان تیرگـی و روشـنی متناسـب بـا رنگ‌هـای مختلـف دیـده می‌شـود کـه منحنی‌هـای در راسـتای محـور Yهـا کـه برداشـت پیکسـل‌های رنگـی از آن طریـق انجـام می‌شـود را شـامل می‌شـود. نمودارهـای شـکل، حاصـل جابـه جایـی هـر پیکسـل بـه انـدازه طـول مـوج رنـگ آن در راسـتای عمـود بـر صفحـه مـورد نظـر (Z) اسـت. دو دسـته از پوسـته‌ها بـه صـورت نمونـه انتخـاب شـده‌اند، گـروه اول از شـمارهٔ ۱ تـا ۳ شـامل بـازهٔ رنگ‌هـای کمـتر و تضـاد رنگـی کمـتر و گـروه دوم شـامل تنـوع رنـگ بیشـتر و تضـاد رنگـی بیشـتری هسـتند، مـورد بررسـی قـرار گرفته‌انـد. نمـودار مدنظـر از اتصـال نقـاط مـورد نظـر در راسـتای محـور X حاصـل می‌شـود.



شکل۷.برش‌های افقی پوسته گنبد جهت استخراج پیکسل‌های رنگی با مولفه Z یکسان (مأخذ: نگارنده)

می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ای مستقیم بین تفاوت در فام رنگی نمونه مورد مطالعه با میزان تفاوت بیشینه و کمینه محور Zها وجود دارد. هر چقدر این عدد بیشتر باشد، یعنی نمونه منتخب، فام‌های رنگی متنوعی دارد. این فام‌های رنگ می‌توانند متفاوت یا متشابه باشند. اگر عدد مورد نظر در فاصله افقی ثابت،برای دو یا چند پوسته مورد سنجش قرار بگیرد، می‌توان این گونه استنباط کرد که فام‌ها دارای تضاد هستند.

به بیانی دیگر تفاوت و شباهت CWهای بالا که در فاصله ثابتی از X قرار دارند، نشانگر تضاد و تشابه در آن مجموعه است. یعنی می‌توان از این طریق نوع همنشینی را حدس زد اما این کافی نیست. چرا که نحوه توزیع رنگ و کیفیت‌هارمونی و تضاد، در محور افق در چشم ناظرمهم است. در نتیجه گراف‌ها و نحوه ترسیم آن‌ها اهمیت می‌یابد. مقدار جابجایی عناصر محور Z در واحد محور X، فرکانس هر نمودار را مشخص می‌کند. به این معنی که میزان تفاوت فام‌های رنگی رنگ‌های مجاور را هم مشخص می‌نماید. هر چقدر فرکانس بیشتر باشد، تفاوت فام‌ها بیشتر است و برعکس. البته تغییرات در محور Z هم عامل دیگری برای این تفاوت است. به عبارتی می‌توان گفت:فرکانس تغییرات در راستای محور Z رابطه مستقیم با تفاوت فام رنگی دارد.نمودارهای نظیر هرکدام از تصاویر در شکل ۹ ترسیم شده اند.

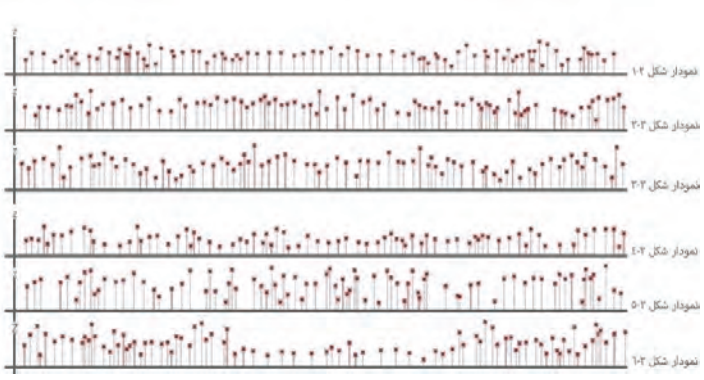
دو دسته از اطلاعات را برای گراف‌های بالا در مورد تجزیه رنگ‌ها می‌توان مورد مطالعه قرار داد:

۱) مقدار جابجایی نمودار در راستای محور Z، معرف میزان تفاوت خلوص رنگ با اختلاف بیشینه و کمینه آن است.

از طریق بررسی اختلاف مقادیر عددی محور Z می‌توان این مساله را ارزیابی کرد. در نتیجه هر چقدر مقدار عددی این پارامتر بیشتر باشد، می‌توان گفت رنگ‌های به کار رفته در پوسته مورد نظر بیشتر است. باید دقت شود که این مساله به فراوانی خلوص رنگ اشاره دارد نه تضاد رنگی.

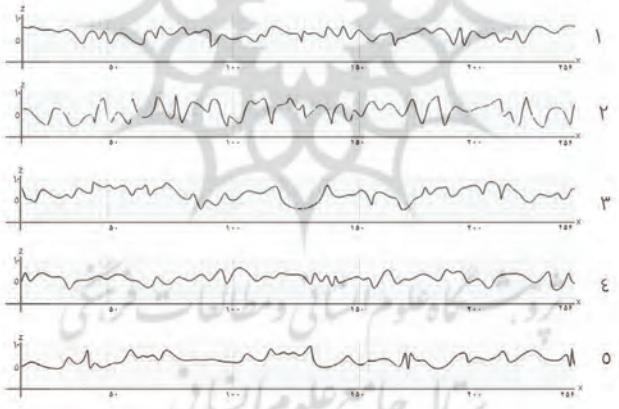
۲) مقدارهارمونی و تضاد در همنشینی رنگ‌ها در گراف

به این معنی که هر چقدر رنگ‌های مجاور کروما دارای‌هارمونی وشباهت بیشتری باشند،منحنی نرم‌تر است و هر چقدر گراف به سمت خطی شدن پیش برود(مطابق شکل)، شاهد تضاد در خلوص رنگ‌های مجاور هم هستیم.



شکل ۸. جابه جایی پیکسل‌های رنگی براساس CW در راستای محور Z (مأخذ: نگارنده)

شـکل۹ قسـمت ۱ مقـدار تابـع توزیـع رنـگ درکل مجموعـه، بـا فرکانـس کـم معـرف فام‌هـای رنگـی متشـابه، همنشـینی دارای‌هارمونـی بیشـتر اسـت، شـکل ۹ قسـمت ۲ مقـدار تابـع توزیـع رنـگ F(c) و فرکانـس بـالا، فـام رنگـی و همنشـینی دارای تضـاد بیشـتری اسـت، شـکل ۹ قسـمت ۳ مقدارتابـع توزیـع رنـگ قابـل توجه و فرکانـس پاییـن می‌باشـد. یعنـی علیرغـم تعـدد فام‌هـای رنگـی، همنشـینی‌ها هماهنـگ و دارای‌هارمونـی بیشـتری بـه نسـبت تضـاد هسـتند، شـکل ۹ قسـمت ۴ مقـدار F(c) کـم بـا فرکانـس پاییـن معـرف فام‌هـای رنگـی شـبیه بـه هـم اسـت، همنشـینی هماهنـگ وهارمونـی بـالا می‌باشـد، شـکل ۹ قسـمت ۵ مقـدار تابـع توزیـع رنـگ زیـاد امـا فرکانـس پاییـن اسـت. در بعضـی قسـمت‌ها شـاهد شـوک رنگـی هسـتیم کـه شـاید بـه دلیـل وجـود سـایه باشـد. امـا بـه طـور کلـی دارای هارمونـی بیشـتری اسـت.



شکل ۹. گراف‌های پوسته‌های منتخب توسط کد حاصل از آنالیز (مأخذ: نگارنده)

با توجه به مطالب گفته شده در مورد هر گراف می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد:

پـس از بررسـی اشـکال و نمودارهـا می‌تـوان بـه مشـابهت‌هایی در نمونه‌هـای مـورد نظـر دسـت یافـت. بـه ایـن شـکل کـه تغییـرات در تمامی‌آن‌هـا بـه صـورت یکنواخـت اتفـاق می‌افتـد و تغییـر فـام رنگـی بـه صـورت جهشـی و بـا تضـاد بـالا مشـاهده نمی‌شـود. حتـی تبدیـلات فام‌هـای رنگـی بـه صـورت نـرم انجـام شـده اسـت. می‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه مشـابهت در نمونه‌هـا بیشـتر از تضـاد در آنهـا اسـت. ایـن مسـئله در مـورد رنگ‌هـای مـورد اسـتفاده در پوسـته‌ها نیـز صـادق اسـت. بـا بررسـی تصاویـری از آرایه‌هـای معـماری کشـورهای دیگـر بـا شرایـط یکسـان از نظـر انـدازه تصویـر بـه نتایـج زیـر می‌رسـیم.

در شـکل ۱۰ تصاویـری از آرایه‌هـای معـماری شرق و آفریقـا آورده شـده اسـت. بـا دقـت و مقایسـه

درمی‌یابیم که دارای تضاد رنگی بیشتری نسبت به آرایه‌های ایران هستند. در شکل ۱۱ ، گراف متناظر با هر کدام از تصاویر به ترتیب از چپ به راست و از بالا به پایین را نشان می‌دهد. دقت در این نمودارها تفاوت همنشینی آن‌ها با رنگ‌های استفاده شده در پوسته‌های معماری ایران را نمایان می‌کند.

٦- تحلیل یافته‌ها

— بررسی گراف‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر

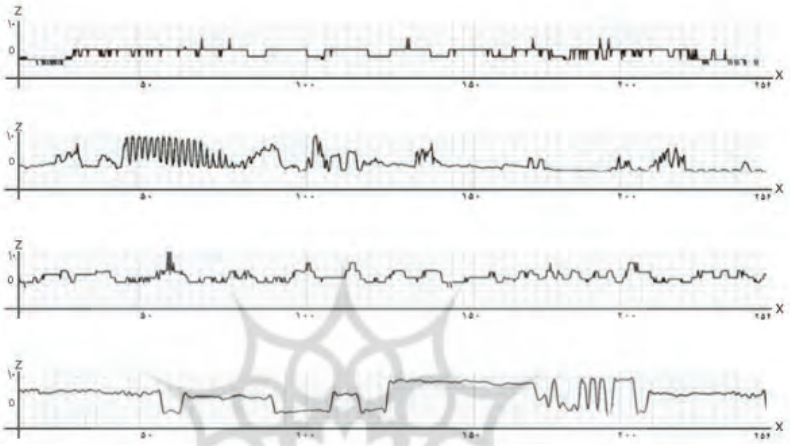
- همان‌طور که ذکر شد می‌توان نوع همنشینی رنگی و فراوانی آن‌ها را از طریق بررسی و سنجش گراف‌های ترسیم شده، بدست آورد. گراف‌های منتج از پوسته‌ها دارای تغییراتی ملایم با هارمونی نزدیک به هم هستند. اما اگر گراف‌ها دارای بسامد بیشتری باشد و جهش‌ها در آن‌ها لحظه‌ای اتفاق بیفتد، شاهد همنشینی با تضاد بالا خواهیم بود. اگر گراف‌های حاصل را بر هم منطبق کنیم و روابط آن‌ها را بسنجیم می‌توانیم مقایسه‌ای درست و درخور داشته باشیم (شکل ۱۲) .

- در تصویر فوق، گراف سیاه رنگ مربوط به پوسته شماره ۵ از شکل ۹ است و سایرگراف‌های آبی و قرمز از شکل ۱۰گرفته شده‌اند، مشاهده می‌شود همنشینی لطیف‌تری میان گونه‌های آن است و دارای گوناگونی فام است، علیرغم گراف شامل رنگ آبی. به این معنی که CWهای آن اختلاف بالایی با هم دارند. با این وجود هماهنگی در همنشینی رنگی آن نرم‌تر است. بر خلاف گراف آبی که دارای همنشینی‌های لحظه‌ای است، ولی تعدد فام آن کمتر است. در نتیجه تضاد رنگی بالایی را شاهد هستیم.

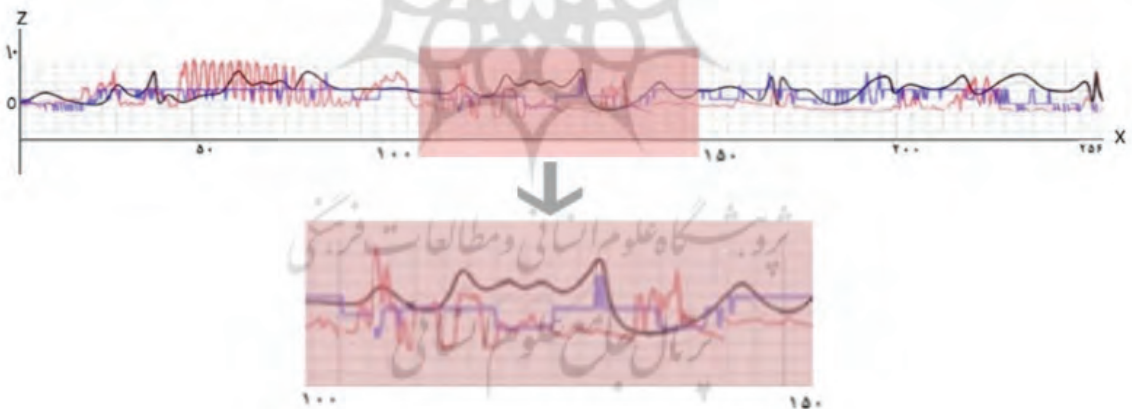
پس از آن نوبت به بررسی خود گراف‌ها و نقاط جهشی آن در راستای محور X می‌رسد. پس از بررسی دریافتیم با این که کل گراف دارای جهش‌هایی لطیف است ولی در طول مسیر شوک‌هایی اتفاق افتاده است. شکل ۱۳ گراف ترسیم شده در قبل را نشان می‌دهد که دو نقطه شوک در آن دیده می‌شود. دلایل متعددی را می‌توان برای جهش‌های موجود در نمودارها و نمودار فوق عنوان کرد، اما مهم‌ترین آن‌ها، شدت تابش خورشید و طول سایه ایجاد شده در ساعات مختلف روز است. همچنین حرکت و زاویهٔ دید بیننده نیز می‌تواند اثربخش باشد. با این وجود نقاط جهشی موجود در گراف قابل تعریف هستند.

- پس از بررسی جهش‌ها و شوک‌های موجود در هر گراف برای پوسته، در می‌یابیم که آن قسمت‌هایی که در سایه قرار می‌گیرند، نسبت به سایر قسمت‌های پوسته علیرغم فام یکسان، ظاهری متفاوت دارند. در نتیجه شاهد تناوب در راستای محور X هستیم که در تمام گراف‌ها دیده می‌شود .

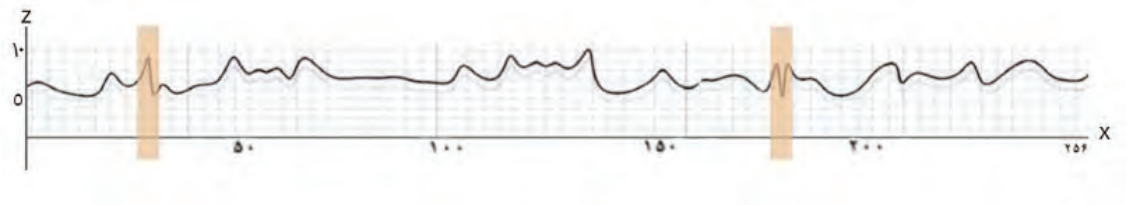
شکل۱۰. تصاویر آرایه‌های رنگی در سایر کشورها(مأخذ:نگارنده)



شکل ۱۱) گراف مربوط به آرایه‌های رنگی هم مقیاس در سایرکشورها (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۲) مقایسه گراف‌های بدست آمده در شکل ۱۱ و ۹ (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۳) جهش رنگی گراف در تفاوت با طیف نرم سراسری گراف (مأخذ: نگارنده)

۷- نتیجه‌گیری

پس از بررسی گراف‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت، که همنشینی رنگی در پوسته‌ها دارای‌هارمونی بالا و تضاد کم است. به عبارتی دیگر به دلیل وجود رنگ‌های دارای فام مشابه مراحل تبدیل فام‌ها به هم بسیار ظریف و ملایم صورت می‌گیرد. علاوه براین در کل مجموعه شاهدهارمونی بالایی هستیم. به این معنی که رنگ‌ها بسیار هدفمند کنار هم قرار گرفته‌اند تا مجموعه‌ای واحد را نمایش دهند. این در حالی است که هر جزء مجموعه به تنهایی دارای نقشی موثر است. با توجه به این که نمودارها در حالت کلی دارای شباهت بسیاری به هم هستند، می‌توان گفت که در پوسته‌ها روابط بین رنگ‌ها مهم تر از خود آن‌ها عمل کرده است. از آن جا که همنشینی رنگ‌ها در پوسته دارای وحدتی منحصر به فرد است،می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ای ثابت بین طول موج‌های رنگی آن وجود دارد و تاثیر همنشینی رنگی در پوسته‌ها از خود فام رنگ بیشتر است. در نتیجه هیچ عضوی در این مجموعه برتر و موثرتر از عضو دیگر نیست و رنگ به عنوان مولفه‌ای اثرگذار فرصت حضور در سراسر پوسته را می‌یابد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش همواره با نظر منتقدین ارزنده‌ای بازبینی شده که قدردانی از این بزرگواران بر گروه نگارنده واجب است. جناب اقای دکتر پیمان پیله‌چی‌ها در نحوهٔ نگارش و سرکار خانم مهندس سارا معین‌فرد در گردآوری داده‌ها و معرفی منابع ما را یاری فرمودند.

منابع

- استوار،مسیب. (۱۳۹۱). رنگ. تهران:انتشارات رازنامه.
- اردلان،نادر. بختیار،لاله. (۱۳۹۰). حس وحدت:(نقش سنت در معماری ایرانی). جلیل،ونداد. تهران:علم معمار رویال
- امیرکلایی، ابراهیم و حسینی، سید امین و حمزه نتاج، مریم، (۱۳۹٤)، بررسی تزئینات رنگ در معماری دوره صفویه (نمونه موردی مساجد شهر اصفهان)، همایش ملی معماری و شهرسازی بومی ایران،یزد
- حیدری‌زادی احسان، کابلی محمدهادی، زارع لیلا.(۱۳۹۷). روش‌های عددی برای توضیح الگوی کاربرد رنگ در مقرنس‌های دوره صفوی. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی. ۸ (۳) :۱۵۹-۱۴۹.
- مقدم پور،ناصر. (۱۳۹۵).زیبایی شناسی کاشی.تهران:دانشگاه پیام نور
- Grutter J k.(2009).Aesthetics in architecture. Pakzad J, Homayoon A.Tehran: Shahid Beheshti University
- Itten J.(2010). The Elements of color. New York: Wiley.
- Kiefer T. (2003).The History of Colors. Ferron E.Assignment for Digital Image Processing in the Master Degree Program CME at the University of Applied Sciences Offenburg.
- Nesterov D.I. Fedorova M.Yu.(2018). Colour Perception in Ancient World. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 262, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017) 21–22 September 2017, Chelyabinsk, Russian Federation.
- Rossi M,Buratti G.(2015).The Architecture of Color: Number and Shapes as Measurement and Representation Tools. Nexus Network Journal.Architecture and Mathematics.(547-569).
- Stokley Steele R.(2018). Historic Look on Color Theory.Johnson & Wales University.Honors Theses - Providence Campus. College of Arts & Sciences at ScholarsArchive@JWU

Numerical Methods to Explain the Pattern of Color Application in the Shell of Safavid Domes

Leila Naseri Mohammadpour[1], Ehsan Heidarizadi*[2], Elham Mokhtari Oghani[3]

Abstract

The evolution of traditional Iranian architecture with the emergence of identity-building elements such as the dome moves in the direction of a kind of perfectionism. The Iranian dome is considered as an important element in architecture that has been used in various types of buildings in terms of its original historical prestige, strong theoretical foundations, unique features and keeping the space cool. The dome is in fact the presentation of a complete architecture, whether it is used as a structure or where it is a symbol of transcendental truths. In fact, the dome, as an urban landmark, helps to read the space by breaking the sky line and directing the view towards its colorful world. In the process of shaping the space in Iranian architecture, we see the abstraction of colors and images in buildings. The Iranian architect creates with the use of various arrays. The culmination of the manifestation and display of the attributes of the arrays appears in the dome, and the color, which is considered as an effective visual element in the urban landscape, doubles this splendor and charm. In fact, color is a tool by which the architect can identify the form and influence the visual logic of the space. The colors in the dome are narrators of a deep and mystical meaning that guide the viewer's mind towards discovery and intuition. Islamic and geometric maps, shapes and patterns, along with the conscious use of color and attention to harmony and contrast, in the shadow of a novel order, present the dome as an element of semantic index and evoke a sense of harmony and connection in the viewer's mind. The color on the dome is part of a larger whole that reflects a fundamental concept, to depict a transcendental truth. We are witnessing the peak of this art and cryptography in the Safavid period. This study tries to provide a color pattern by examining how the color accompaniment in the outer shell of the domes in the Safavid period to be used to create an atmosphere with identity in today's Iranian architecture. The method of data collection in this study was the use of field studies. To analyze this data, two visual methods and the use of digital software based on computer simulation have been used. Then, with logical reasoning and content analysis, the final results are obtained.

Keywords: Iranian architecture, dome, color, array.

1 Master of Bionic Architecture, Rassam Institute of Higher Education

2 PhD, Islamic Azad University, West Tehran Branch, Faculty of Art and Architecture, Fab Lab (*Corresponding Author)

3 BA Architecture student in Interior Architecture, West Tehran Azad University, Payambar Azam Branch