

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Comparative study of Fractal Geometry Patterns in Iranian Garden and
Landscape Architecture, Case Study: Tabas Golshan Garden
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

بازشناسی تطبیقی الگوهای هندسه فراکتال در معماری و منظر باغ ایرانی نمونه موردی: باغ گلشن طبس

علی شرقی^۱، محمدمبین عزیزمقدم*^۲، زهرا جمالی گندمانی^۳

۱. استادیار گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری منظر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری منظر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.

تاریخ انتشار: ۹۹/۴/۱

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۶

تاریخ اصلاح: ۹۸/۰۷/۰۶

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۸

چکیده

بیان مسئله: امروزه بحث بازگشت به طبیعت و الگوبرداری از آن به عنوان یکی از ضرورت‌های مهم در دنیا مطرح شده است. معماران ایرانی در به کارگیری مقیاس و اتصال مقیاس‌های متفاوت به یکدیگر و همچنین در برخورد با طبیعت پیرامون موفق بوده‌اند. هندسه در عین مجردبودنش مهم‌ترین زبانی است که معمار به وسیله آن کیفیت‌های ویژه فضایی را می‌آفریند.

هدف پژوهش: در این مقاله به موضوع باغ گلشن با بیان ویژگی‌هایش (دوران‌گرایی، رویش‌گرایی، درون‌گرایی و مرکزگرایی، قرینگی، چندلایگی) در باغ‌آرایی ایرانی پرداخته شده است، در صورتی که هندسه فراکتال دارای ویژگی‌هایی شامل (هندسه غیرخطی، بی‌نظمی، غیرمتعارف، هندسه ناقلیدسی، آشوب‌زدگی و قوانین خاص) است که بیانی از طبیعت‌گرایی و نداشتن سکون و آرامش هندسه‌ای است.

روش پژوهش: روش کار، استدلال منطقی از نوع توصیفی-تحلیلی و شامل دو مرحله است؛ اول، مطالعات کتابخانه‌ای و استدلال برای تبیین اعتبار درونی هندسه باغ ایرانی؛ دوم، تفسیر رابطه‌های جدید میان یافته‌های حاصل شده از باغ گلشن طبس به عنوان نمونه‌ای از باغ ایرانی و مقایسه با هندسه فراکتال جهت تبیین اعتبار بیرونی.

نتیجه‌گیری: آنچه از پژوهش حاضر برمی‌آید این است که اگر باغ ایرانی در نظام‌های ساختاری، گیاهی، آبیاری و کارکردی دارای ویژگی‌های فراکتالی باشد، می‌توان این ویژگی را به کل باغ تعمیم داد. باغ گلشن طبس به عنوان نمونه‌ای از باغ ایرانی با بهره‌گیری از تمامی ویژگی‌های هندسه فراکتال و با الهام از طبیعت و همچنین بهره‌مندی از انعطاف‌پذیری هندسه‌ای، معین و قابل شناخت در کل طرح و استفاده از فرمی همچون پنج‌ضلعی که در طبیعت فراوان دیده شده و قابلیت زیادی در فراهم کردن ویژگی‌های مذکور دارد، دارای اصول طراحی معماری فراکتال است.

واژگان کلیدی: باغ گلشن، فراکتال، هندسه، طبیعت‌گرایی، باغ‌آرایی ایرانی.

مقدمه و بیان مسئله

امروزه با صحبت از خلق فضاهایی با کاربری‌های پیچیده و سازه‌هایی انعطاف‌پذیر، بلافاصله معماری معاصر غرب و مبانی نظری رایج در دنیای مدرن تداعی می‌شود. اعتقاد عموم متخصصان بر این است که فقط با معماری‌های برگرفته از

مکاتب غرب که هندسه فضایی خاصی دارند قادر به خلق فضاهای پیچیده با قابلیت گسترش در ابعاد مختلف فضایی خواهیم بود. در حالی که «معماری اسلامی در ذات خود معماری هندسه‌گراست» (فلامکی، ۱۳۸۱، ۲۱۰). عشق مسلمانان به ریاضیات، خاصه هندسه و عدد، مستقیماً به اصل پیام اسلام مربوط می‌شود، که همانا عقیده به توحید است. در جهان بینی اسلامی، ویژگی تقدس ریاضیات در

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۶۷۲۶۱۸۰، m.a.azizmoghdam@sru.ac.ir

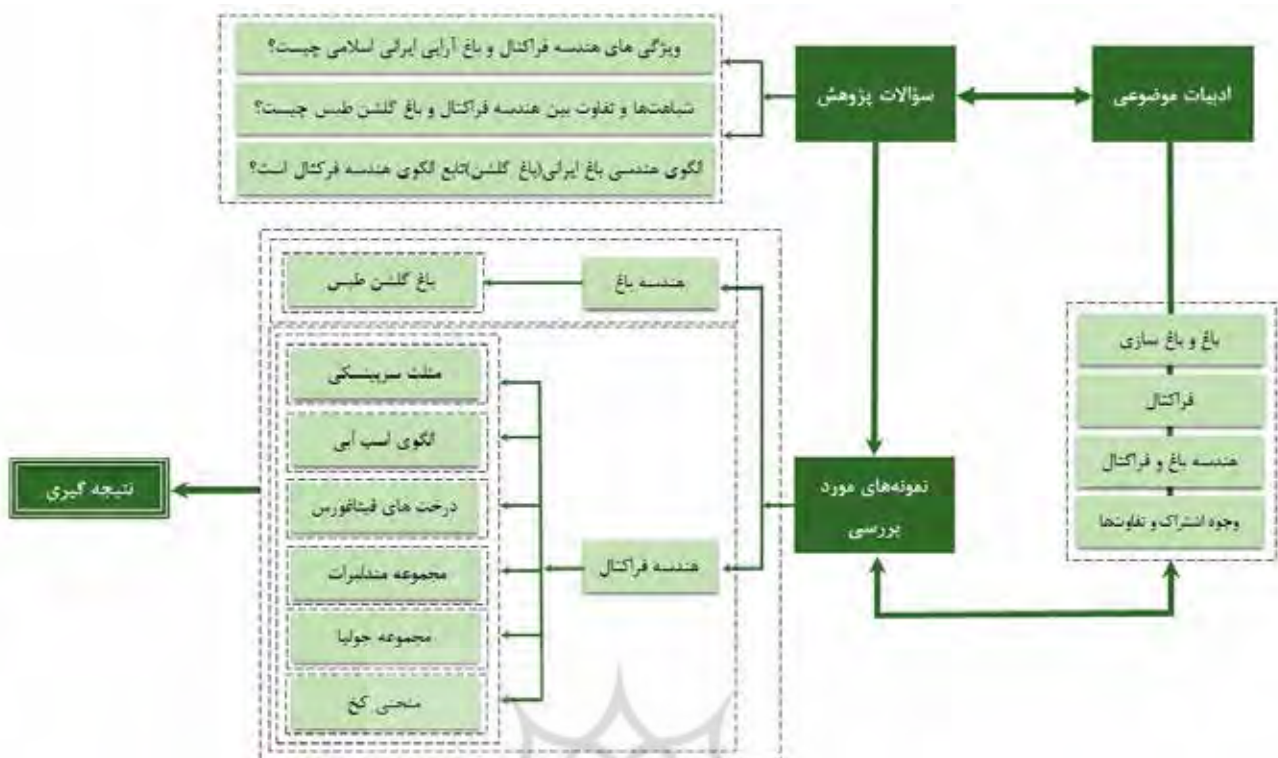
و تناسبات آنها از دیدگاه هندسه اقلیدسی تأکید دارند. از جمله پژوهش‌های موجود می‌توان به مقاله حیدرنتاج و منصوره اشاره کرد که در آن به بررسی الگوی چهارباغ، با این فرض که این واژه نه دلالت بر چهاربخشی بودن باغ ایرانی دارد و نه می‌تواند توجیه‌کننده شکل و هندسه غالب بر باغ‌های ایرانی باشد، در شکل‌گیری باغ ایرانی اشاره کرده‌اند (حیدرنتاج و منصوره، ۱۳۸۸، ۱۷). در پژوهشی دیگر فیض‌آبادی، انصاری و میرحسینی به بررسی هندسه مشترک در باغ و فرش ایرانی پرداختند که نتایج آن نشان می‌دهد فرش ایرانی نمود و جلوه‌ای است از باغ ایرانی که در آن از هندسه، آرایش اندام‌های باغ، ترکیبات رنگی درختان و سایر شاخصه‌های سازنده باغ استفاده و الگوبرداری شده است (فیض‌آبادی، انصاری و میرحسینی، ۱۳۹۴، ۲۷). همچنین پورمند و کشتکار قلاتی با بررسی علت‌های وجودی ساخت باغ ایرانی به این نتیجه رسیده‌اند که در راه تأمین آسایش و لذت‌جویی در باغ ایرانی از علت‌های هندسی و منظم بهره‌گیری شده است (پورمند و کشتکار قلاتی، ۱۳۹۰، ۵۱). کاوه بوکانی (۱۳۹۴) با بررسی باغسازی ایرانی و عناصر معماری آن به این نکته که باغ ایرانی مجموعه‌ای زیبا از آب، سایه، رنگ، معماری و هندسه‌ای آرام است، می‌پردازد. طاهرخانی و حصار در پژوهشی با مقایسه باغ‌های فین کاشان و دولت‌آباد یزد به واکاوی ساختار هندسی باغ ایرانی پرداخته‌اند که نتیجه آن وجود تفاوت‌هایی در ساختار هندسی دو باغ مذکور را نشان می‌دهد (طاهرخانی و حصار، ۱۳۹۴). همچنین صاحب‌نظران و پژوهشگرانی چون غلامرضا نعیم، حمیدرضا عظمتی، بهاره حسینی‌مقدم، محمد نقی‌زاده، طاهره نصر، دونالد نیوتن ویلبر، فاطمه حیدری، هما ایرانی بهبهانی، زهره فاضل‌زاده، آزاده شاهچراغی، لوتیجی زانگری، نازیکا ماندانا و... پژوهش‌های متعددی در زمینه باغ ایرانی و ویژگی‌های آن انجام داده‌اند. در مورد هندسه فراکتال، سالا به بیان نقاط تشابه بین سبک‌های معماری و هندسه فراکتال پرداخته است. سالا می‌نویسد: «سبک باروک معماری‌های بزرگ مقیاس آفریقا و آسیای شرقی دارای ویژگی‌های بیشتری از هندسه فراکتال هستند» (Sala, 2006, 163). از دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در این حیطه می‌توان به مطالعاتی چون «بررسی هندسه فراکتال و تأثیر آن در معماری و طبیعت» (خیرات و شاطرزاده، ۱۳۹۷)، «نقش فرم‌های طبیعی در شکل‌گیری فرم در حوره معماری از منظر هندسه فراکتال» (تفقیدی خواجوی و نبی‌مبیدی، ۱۳۹۶)، «ماهیت فراکتال و تأثیر آن بر معماری» (کرمی مفرد، ۱۳۹۶)، «بررسی ویژگی‌های هندسی گنبد اورچین از دیدگاه هندسه فراکتال» (تبریزی و یادگاری، ۱۳۹۶)، «ریشه‌های هندسه فراکتال و هندسه مقدس در معماری با نمونه موردی گنبد سلطانی» (اسم‌خانی و هادی‌طلب، ۱۳۹۵) و «نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری» (زارعان، یادگاری و خسروی‌وند) اشاره کرد. همچنین در مورد تعریف هندسه فراکتال و ابعاد گوناگون آن منابع متعدد دیگری نیز وجود دارد، لیکن درباره ویژگی‌های

هیچ‌جا بیشتر از هنر ظاهر نشده است. در هنر، ماده به کمک هندسه و حساب شرافت یافته و فضایی قدسی آفریده که در آن حضور همه‌جایی خداوند مستقیماً انعکاس یافته است (شیبانی و هاشمی‌زادگان، ۱۳۹۵). نقش‌های هندسی بی‌نهایت گسترش‌پذیر نمادی از بعد باطنی اسلام است و این مفهوم صوفیانه «کثرت پایان‌ناپذیر خلقت، فیض وجود است که از احد صادر می‌شود: کثرت در وحدت» (نصر، ۱۳۶۶، ۱۴۳). بنابراین هندسه در فضا سازی معماری نقش به‌سزایی دارد و از آنجا که معماری باغ ایرانی معماری‌ای با زبان ساده، حجم‌هایی آزاد و هندسه‌ای روشن است، کلیت باغ ایرانی از یک هندسه واحد پیروی می‌کند که کلیه عناصر و اجزا در آن تابع نظم اولیه هستند. بنابراین می‌توان فرضیه وجود ارتباط درونی بین هندسه و باغسازی ایرانی را مطرح کرد. باغ ایرانی با تاریخ درخشان خود به‌عنوان یکی از بهترین الگوهای منظر سازی، محصول تعامل سازنده انسان ایرانی در مواجهه با طبیعت است (حیدرنتاج و منصوره، ۱۳۸۸، ۱۷). معماران ایرانی در به‌کارگیری مقیاس و اتصال مقیاس‌های متفاوت به یکدیگر و همچنین در برخورد با طبیعت پیرامون موفق بوده‌اند. هم‌آمیختگی طبیعی آنها با ساختار طبیعت و تأثیر کیفیات فضایی طبیعی در فرایند معماری و طراحی در باغ ایرانی تحسین‌برانگیز و قابل توجه است. ویژگی الگوی ساخت باغ‌های ایرانی بر پایه معادلات دقیق ریاضی استوار بوده و طبیعت با دارا بودن الگوهای پیشرفته ریاضی همواره سرمشق و منبع الهام مهندسان و هنرمندان در دنیای اسلام بوده است. این انسان است که به طبیعت معنا می‌بخشد و با همدلی فزاینده و پردامنه خود می‌تواند رازهای نهانی طبیعت را (که بی‌شک همان رازهای فطری او هستند) دریابد. در میان هنرمندان و حرفه‌مندان هنرمند، «معماران» جایگاه والایی در استفاده و نه تنها تقلید صرف از ساختارهای طبیعی و محیط زیست بلکه در زمینه «الگوبرداری‌های فرمی»، «الگوبرداری محتوایی» و «الگوبرداری از قوانین طبیعت» داشته‌اند (محمودی‌نژاد، ۱۳۸۸، ۳۹۱).

از آنجا که این مقاله در پی شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر شکل‌گیری باغ‌های ایرانی (باغ گلشن طبس) و بررسی امکان وجود تشابه بین هندسه این باغ (ها) و هندسه فراکتال است، پرسش‌های کلیدی پژوهش بدین ترتیب است که: الف) آیا الگوی هندسی باغ ایرانی (باغ گلشن) تابع الگوی هندسه فراکتال است؟ ب) شباهت‌ها و تفاوت‌های بین هندسه فراکتال و باغ گلشن طبس چیست؟ پ) ویژگی‌های هندسه فراکتال و باغ‌آرایی ایرانی اسلامی چیست؟ (تصویر ۱).

پیشینه پژوهش

در مورد هندسه باغ ایرانی، منابع متعددی در داخل کشور موجود است که بیشتر آنها بر چگونگی شکل‌گیری باغ‌ها و همچنین ابعاد



تصویر ۱. فرایند پژوهش براساس مطالعات. مأخذ: نگارندگان.

تبیین و تشریح اشکال پیچیده و ظاهراً بی‌نظم طبیعی نیست (قبادیان، ۱۳۸۲، ۱۶۶-۱۶۷). این هندسه سال‌هاست که توسط معماران و ریاضی‌دانان متعددی مورد بحث و بررسی قرار گرفته و به کارگیری آن در معماری و هندسه مصنوع مورد شک و تردید، نقض یا دفاع واقع شده است (افتخارزاده، ۱۳۸۴، ۱۰۰). نظریه فراکتال برای توصیف پیچیدگی در اشکال به کار می‌رود (پناهی و همکاران، ۱۳۸۸، ۶۱). فراکتال‌ها شکل‌هایی هستند که به هیچ وجه، به معنی متعارف، منظم نیستند. این شکل‌ها اولاً سراسر نامنظم‌اند، ثانیاً میزان بی‌نظمی آنها در همه مقیاس‌ها یکسان است، یعنی به نوعی دیگر منظم‌اند. جسم فراکتالی از دور و نزدیک یکسان دیده می‌شود (خاک‌زند و احمدی، ۱۳۸۶، ۳۵-۴۷).

ویژگی‌های هندسه فراکتال

– خود متشابهی: یکی از ویژگی‌های مربوط به استفاده از تناسب‌ها در الگوها، همانند استفاده از اجزا و عناصر، الگوهایی است که در مقیاس‌های مختلف تکرار می‌شوند (Vaughan & Ostwald, 2018). هر شکل از قطعات کوچک‌تری ساخته شده است که این قطعات با شکل اولیه متشابه هستند. به عبارت دیگر وقتی که یکی از قطعات کوچک تشکیل‌دهنده را به مقیاس شکل اصلی می‌رسانیم، دقیقاً همان شکل به دست می‌آید (Fischbein, 1987). هنری معتقد است «الگوی تزیین‌های هندسی ایران از یک اصل جایگزین استفاده می‌کند که در آن اشکال خودمتشابه به صورت بازگشتی به کپی‌های کوچک‌تر متناسبی از خود تجزیه می‌شوند» (Henry, 2007, 5)

هندسه باغ ایرانی (باغ گلشن طبرس) از دیدگاه هندسه فراکتال، هیچ تحقیق مشخص و جامعی صورت نپذیرفته است. این تحقیق بدین لحاظ در نوع خود بدیع است و مسلماً آغازی بر پژوهش‌های کامل‌تر در مورد ذات هندسه اقلیدسی و ناقلیدسی و ارتباط آن با نیاز کشورهای اسلامی در زمینه معماری همگام با شرایط دنیای معاصر محسوب می‌شود.

روش انجام پژوهش

این پژوهش از روش توصیفی-پدیدارشناسانه در رویکردی استنتاجی و خوانشی تأویلی استفاده برده است. اطلاعات و داده‌های اولیه از مطالعات اسنادی و منابع مکتوب منتشر شده گرد آمده است و پژوهش‌های مختلف پیرامون موضوع مورد بررسی با روش تحلیلی-تطبیقی-قیاسی در رابطه با ساختار هندسه فراکتال بهره گرفته شده است. از هم‌سوسازی داده‌ها و بیان مشابهت‌ها و تفاوت‌ها برای دستیابی به فرضیه مورد بررسی استفاده شده و در نهایت یافته‌های پژوهش به صورت نتیجه و مدلی مفهومی ارائه شده است.

هندسه فراکتال

واژه فراکتال مشتق از واژه لاتینی فراکتوس، به معنی سنگی که به شکل نامنظم شکسته و خرد شده است، در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار توسط مندلبروت مطرح شد (Ostwald & Vaughan, 2016). فراکتال‌ها شکل‌هایی هستند که برخلاف شکل‌های هندسی اقلیدسی، به هیچ وجه منظم نیستند. با ملاحظه اشکال موجود در طبیعت، مشخص می‌شود که هندسه اقلیدسی قادر به

تقسیم می‌کند» (میرفندرسکی، ۱۳۸۴). این درحالی است که دانشدوست باغ ایرانی را ترکیبی از خطوط و محورهای اصلی می‌داند که فضای باغ را به چهاربخش تقسیم می‌کند (دانشدوست، ۱۳۹۶).

به‌طور کلی اگر اصول فلسفی یعنی وحدت، هویت، اصالت، صداقت و اصول کاربردی یعنی مقیاس، تناسب، تسلسل، ترکیب و تعادل که با هم ارتباطی ناگسستنی دارند، در یک معماری وجود نداشته باشد، نمی‌توان آن معماری را مورد بررسی قرار داد.

باغ گلشن طبس

باغ گلشن طبس، مهم‌ترین باغ این شهر، در دسته باغ‌های حکومتی قرار می‌گیرد و تنها دارای عمارت سردر است و هیچ‌گونه بنای دیگری در فضای داخلی آن مشاهده نمی‌شود. این باغ به‌دست «میرحسن خان»، سومین حاکم طبس که از سوی «نادرشاه» به این سمت منصوب شده بود، ساخته شد. میرحسن‌خان در وقف‌نامه‌ای در سال ۱۲۱۸ ق. این باغ و املاک زیادی را وقف اولاد و امور خیریه کرده است (مروج تربیتی و حسینی، ۱۳۹۲، ۹۲).

باغ دارای طرحی است که به احتمال زیاد در یک نخلستان پیاده شده است؛ طول باغ از در ورودی تا انتهای محور ورودی ۲۶۶ متر و در دو طرف جلوی باغ ۲۹۲ متر و پهنای باغ ۲۶۰ متر است. مساحت باغ نزدیک به ۷۴۴۳۸ متر مربع است (دانشدوست، ۱۳۶۹). طراحی باغ گلشن طبس مربع‌شکل و دارای تقسیمات هندسی هم‌راستا با اضلاع حصار خود است (تصویر ۱۲). الگوی چهارباغ در این اثر مشهود است. این الگو محدوده‌ای بین دیوارهای باغ به شکل مربع یا مستطیل است که سطح آن با دو محور آب متقاطع عمود بر هم به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌شود و بیشتر در مرکز، حوض آبی قرار دارد (شاهیچراغی، ۱۳۹۴، ۷). هرچند رواج استفاده از واژه «چهارباغ» به جای «چارباغ» از دوره صفویه به بعد قوت می‌گیرد که براساس گزارش‌های پژوهشی شامل باغ گلشن طبس نیز می‌شود (همان) (تصویر ۱۳). ساختمان سردر باغ گلشن از دیدگاه معماری بنایی است نسبتاً معمولی و این بنا یکی از بناهای مشخص شهر و یکی از دیدگاه‌های مهم شهر است (تصویر ۱۴) (همان).

در ادامه، مقاله بر آن است تا با بررسی الگوی هندسی باغ گلشن طبس به‌عنوان نمونه‌ای از باغ ایرانی و الگوی هندسه فراکتالی وجوه اشتراک آنها را در مقوله‌های کلی همچون ساختار شهر و موقعیت قرارگیری باغ در آن و در مقوله‌های جزئی چون نظام ساختاری، نظام آبیاری و همچنین نظام کاشت (گیاهی) باغ بررسی کند.

• نظام ساختاری

مهم‌ترین اصل در طرح‌اندازی باغ ایرانی نظام ساختاری آن است که بر پایه نظم هندسی قرار دارد. باغ ایرانی با محورهای عمود

(تصاویر ۲ و ۳). هنری همچین به بررسی تزیینات داخلی و ساختار هندسی معماری اسلامی پرداخته و دریافته است که هندسه پیچیده معماری اسلامی نشان‌دهنده تلاش هنرمندان برای بیان احساسات از طریق طرح‌های پیچیده هندسی است که تکرار، وزن، آهنگ، مقیاس و ترکیب را در بر می‌گیرد.

– خردمقیاسی: همان‌طور که در تصویر ۴ و ۵ دیده می‌شود فراکتال‌ها در هر مقیاسی یکسان به‌نظر می‌رسند. مجموعه‌های فراکتال از زیرمجموعه‌هایی تشکیل شده‌اند که این زیرمجموعه‌ها شامل مجموعه‌های بزرگ‌تری هستند. مجدداً این مجموعه‌ها از زیرمجموعه‌های کوچک‌تری تشکیل شده‌اند. این زیرمجموعه‌ها نیز شبیه مجموعه‌های بزرگ‌تر هستند که این ویژگی را خردمقیاسی می‌نامند (بلیلان، ۱۳۹۰، ۸۸) (تصاویر ۴ و ۵).

– بعد اعشاری: فراکتال‌ها ابعاد منحصر به فردی دارند که به‌صورت ریاضی تعریف شده‌اند. بعد فراکتال یک معیار ریاضی در تعیین درجه پیچیدگی بافت در حال نمایش است که این ویژگی بعد اعشار نام دارد (Davis, 2008, 2) (تصویر ۶).

در تصویر ۶ ابعاد فراکتالی ۱/۴۶۵ است، زیرا هر قطعه جایگزین از ۵ عنصر تشکیل شده است که با نسبت ۱/۳ کوچک‌تر شده‌اند. – تکرار شونگی: فراکتال‌ها به‌وسیله فرایندی تکرار شونده شکل می‌گیرند و هر تکرار از نتیجه قبلی‌اش ساخته شده است. این ویژگی را تکرار شونگی می‌نامیم (تصاویر ۷ و ۸). همان‌طور که در تصویر ۸ مشاهده می‌شود به‌طور نمونه دانه برفی «کخ» در همه‌جا پیوسته است، اما در هیچ‌جا مشتق‌پذیر نیست. این منحنی دارای محیط بی‌نهایت با سطح محدود است. نکته قابل توجه این دانه برفی با استفاده از فرایندی تکراری و پویا تولید شده است، در صورتی که اشیای اقلیدسی با استفاده از فرایندهای ایستا تولید می‌شوند. مثلث «سپینسکی» نیز از معروف‌ترین اشیای فراکتال است. این مثلث متساوی‌الاضلاع خاصیت خودمتشابهی دارد (قبادیان، ۱۳۸۲، ۱۶۶-۱۶۷؛ Davis, 2008, 2-9).

نظام فضایی و هندسه باغ ایرانی

فرهنگ ایرانی انسان را جدا از طبیعت نمی‌داند، بلکه او را همراه با سایر عناصر طبیعت برای پی‌بردن به آیات و نشانه‌های خدا می‌بیند (ایرانی بهیمانی، ۱۳۸۶). از این رو به‌نظر می‌رسد معماری و هنر ایران به‌شدت طبیعت‌گرا باشد.

باغ ایرانی به‌نوعی ترکیبی است ساده و موزون، رابطه صحیح و استوار، نظام هندسی مشخص، خطوط عمود بر هم، تخت کرت‌های چهارگوش، شبکه مترنم جهت‌دار آب که در فضای باز و پوشیده وسعت یافته است (عربی و وحدتی، ۱۳۹۴) (تصاویر ۹، ۱۰ و ۱۱).

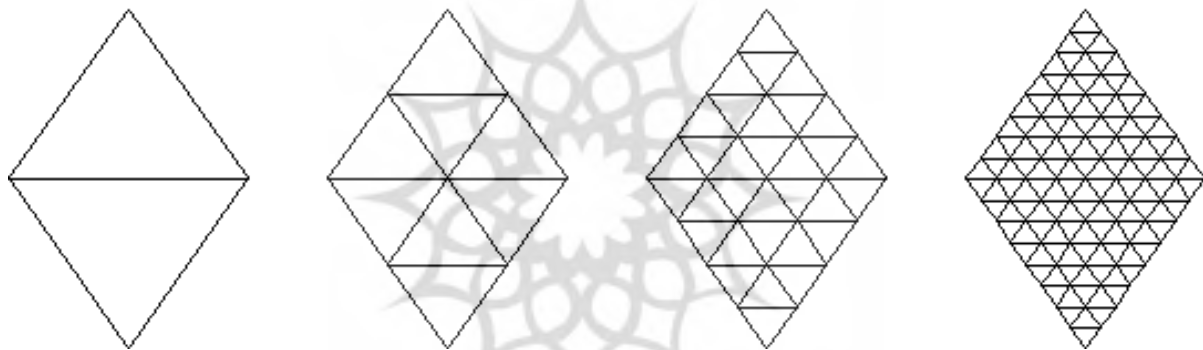
«میرفندرسکی» با اشاره به ریشه‌های تاریخی این واژه، اصولاً باغ ایرانی را چهارباغ دانسته و می‌گوید: «در نظام استقرار، دو محور اصلی عمود بر هم باغ را به چهار قسمت اصلی



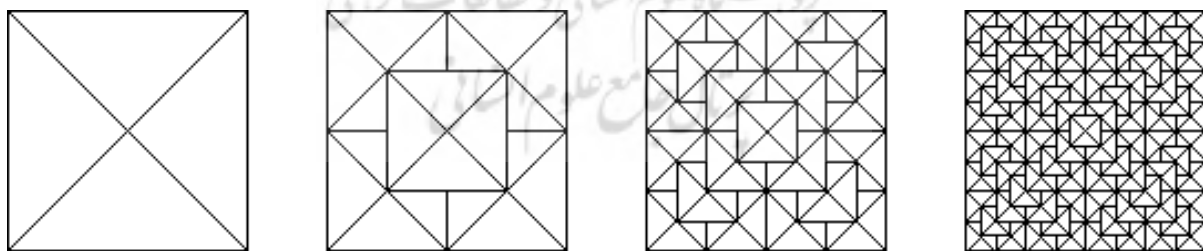
تصویر ۲. توسعه درون‌گرایی در مثلث سرپینسکی. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۳. فراکتال خودمتشابه با دو نسبت شباهت مختلف. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۴. نمونه ویژگی خردمقیاسی فراکتال. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۵. ویژگی خردمقیاسی فراکتال. مأخذ: نگارندگان.

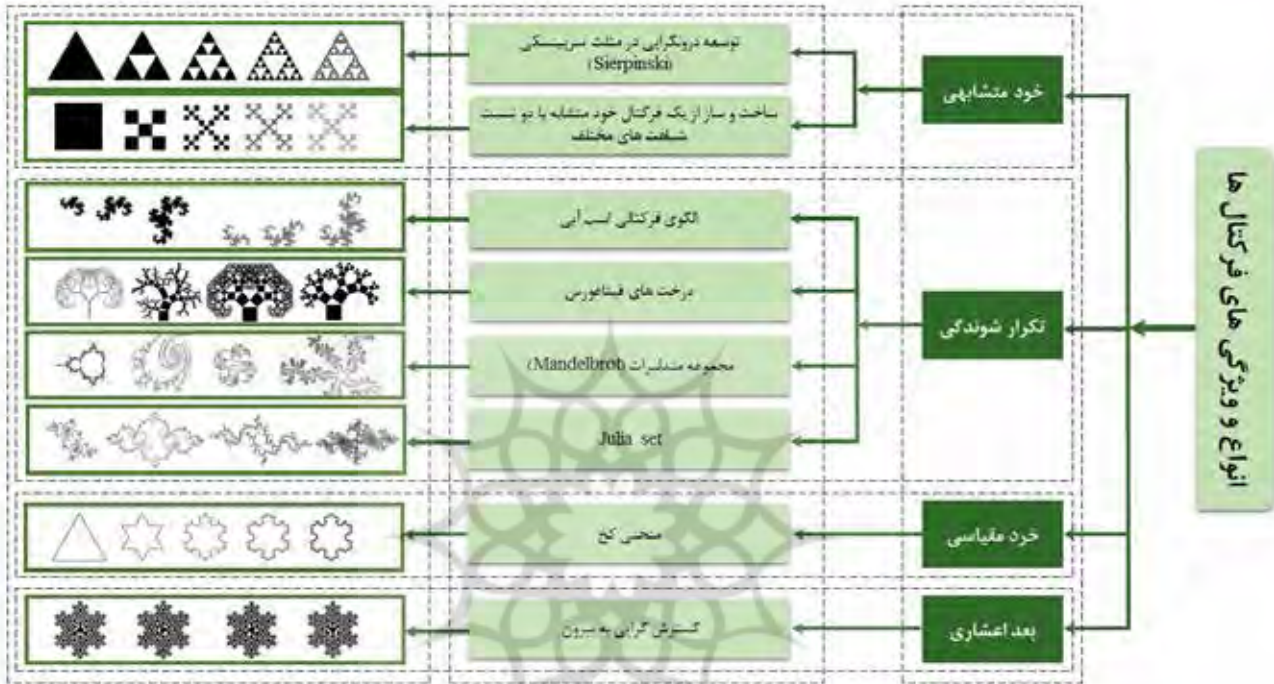


تصویر ۶. نمونه‌ای از هندسه فراکتال از نظر بعد اعشاری. مأخذ: نگارندگان.

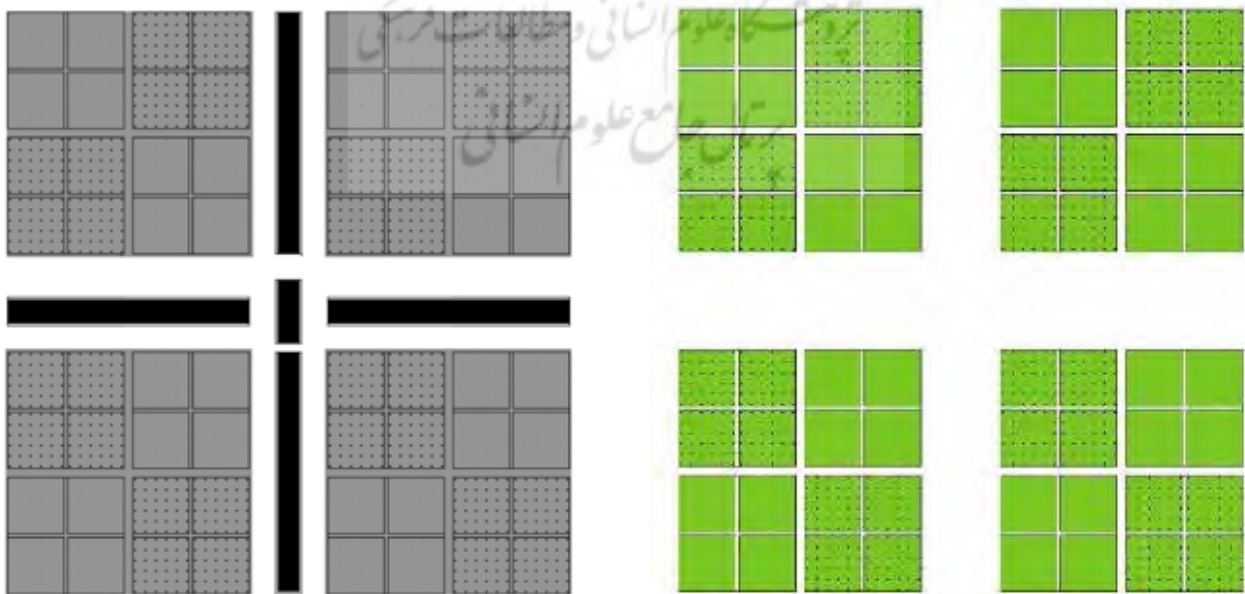


تصویر ۷. وجوه مختلف هندسه فراکتال. مأخذ: نگارندگان.

بر هم محورهای اصلی و محورهای فرعی تقسیم بندی شده و دیوار مرکبی پیرامون آن را احاطه می کند. اقدامات بنایی و ساختمانی در باغ ایرانی علاوه بر ایجاد دیوار مرکب پیرامونی به دیوارک های «سطح شکن» پله ها، سطوح مفروش پیاده راه های نهرها، حوض ها و استخر می پردازد که همگی از نظم هندسی باغ تبعیت می کنند و در واقع منظر زمین باغ را به وجود می آورند.

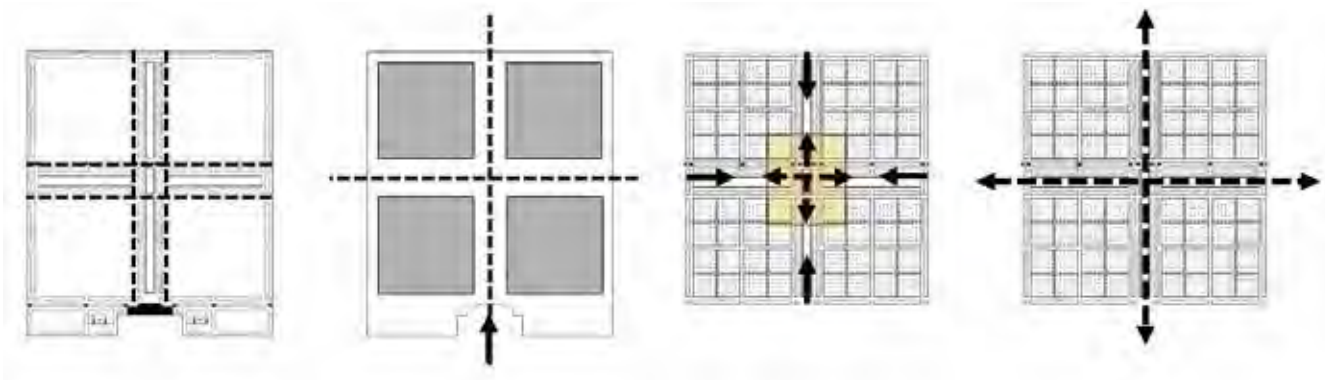


تصویر ۸. دسته بندی ویژگی های فراکتال ها. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۰. طرحواره چهاربخشی برگرفته از عقاید باستانی که به عنوان کهن الگوی باغ ایرانی معرفی شده است. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۹. طرح بندی چهارباغ اسلامی و باغ های کوچک تر. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۱. خطوط و محورهای اصلی که فضای باغ را به چهار بخش تقسیم می‌کنند. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۳. عمارت ورودی باغ گلشن طبس. عکس: آرشیو نگارندگان.



تصویر ۱۲. تصویر هوایی موقعیت قرارگیری باغ گلشن در طبس. مأخذ: www.google.com/earth



تصویر ۱۴. طراحی باغ گلشن به صورت چهارباغ. مأخذ: مروج تربتی و حسینی، ۹۶، ۱۳۹۲.

ساختمان‌های اصلی در دو مقیاس مطرح هستند. مقیاس «بزرگ‌وار» که در فضای اصلی باغ مشارکت دارد و مقیاس «کوچک‌وار» که پیرامون باغ را تعریف می‌کند. در مقیاس بزرگ‌وار سردر خانه، کوشک و عمارت بالاخانه که معمولاً در محور اصلی قرار دارند ساخته می‌شوند و در مقیاس کوچک‌وار بناهای فرعی مانند حمام و بناهای مربوط به دیگر خدمات در جداره‌های جانبی قرار می‌گیرند که ورودی آنها زمانی ساده و زمانی مرکب در دیوارها خودنمایی می‌کنند (میرفندرسکی، ۱۳۸۴).

معماری باغ ایرانی ارگانیک است. «واژه ارگانیک بر اصطلاحی معمارانه دلالت می‌کند و دربرگیرنده ذات است. معنی ریشه‌ای این واژه در ساختارهای معماری به معنای ارتباط کل و جز است» (محمودی‌نژاد، ۱۳۸۸).

نظام ساختاری باغ گلشن طبس در کلیه بخش‌های باغ اعم از پلان، تزیینات، نظام آبیاری و نظام گیاهی قابل قیاس با هندسه فراکتال است. باغ ایرانی از ترکیب آب و گیاه و ساختمان تشکیل شده است. در نظام کلی ساختاری پلان باغ گلشن کرت‌بندی‌هایی با ابعاد فراکتالی مشاهده می‌شود. یکی از ویژگی‌های اصلی هندسه باغ ایرانی بُعد قرینگی و تناسب آن است که در اکثریت قریب به اتفاق آنها مشاهده می‌شود. باغ گلشن طبس هم از این قاعده

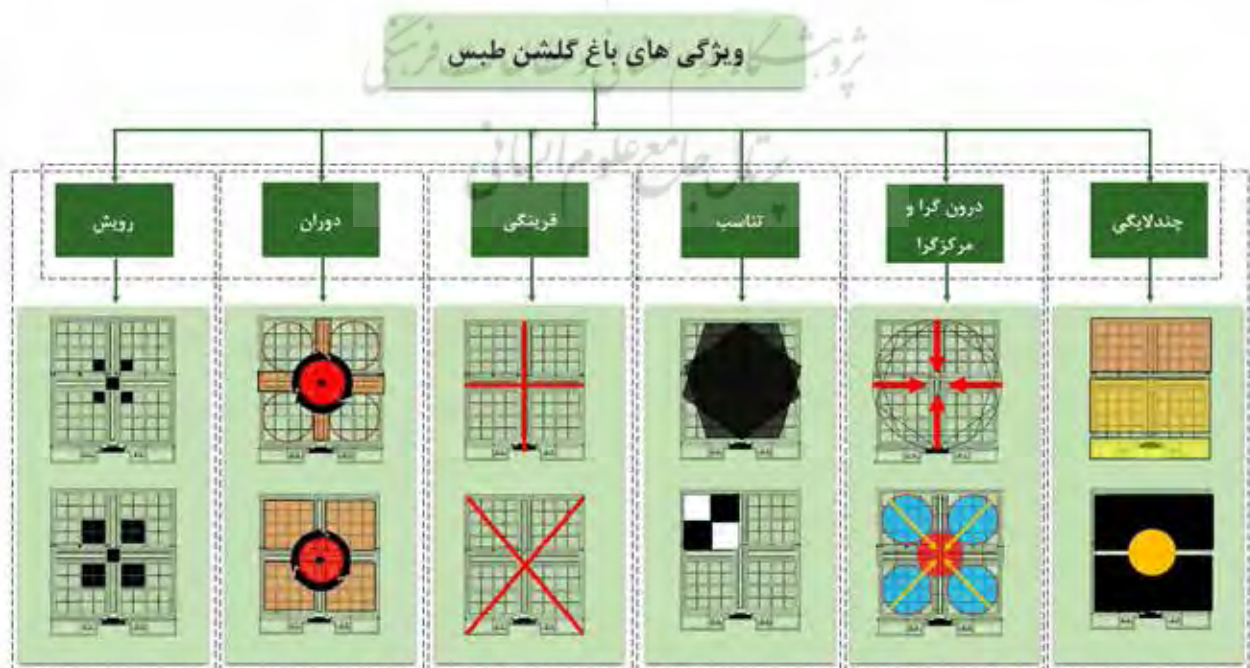
و حرکت آن در چهار جهت و چهار جوی تمثیلی از چهار نهر بهشتی است که در باغ ایرانی به کار گرفته شده است» (دیبا و انصاری، ۱۳۷۶). «آب علاوه بر نقش عملکردی و حیات بخشی که در آبیاری گیاهان دارد، نقش بارزی را در زمین آرای و ایجاد صفا در باغ و همچنین ایجاد اصوات دلپذیر به عهده می گیرد» (میرفندرسکی، ۱۳۸۴).

آب دارای ویژگی طراوت، رطوبت، پاک کنندگی، انعکاس دهندگی و حیات بخشی است. آب در معماری ایرانی به عنوان عنصر اصلی با قرارگیری در مرکز و معماری در اطراف آن شکل دهنده مکانها، پیونددهنده فضاها و عامل تأثیراتی از آسایش محیطی، آیینگی و سیالیت است. حضور به درون عمارت و حرکت بین درون و بیرون به ویژه در ارتباط با باغ و حیاط و نیز حضور در ورودیها نشان دهنده ارزش کارکردی زیبایی شناسی و اعتقادی آب در معماری ایرانی است» (نقی زاده و دورودیان، ۱۳۸۷).
نظام آبیاری در باغ گشن دارای خاصیت خودمتشابهی است، به گونه ای که در کل نظام آبیاری، مسیرهای حرکت آب مقیاس بزرگتر مکان های اسکان آب است و ابعاد مسیرهای حرکت آب نسبت به مکان اسکان آن افزایش می یابد. در ویژگی خردمقیاسی هر مجموعه ای از زیرمجموعه کوچکتری تشکیل شده است، این مجموعه ها نیز شبیه مجموعه های بزرگتر هستند. در قسمت آب نمای مرکزی باغ، حوض آب و آبراه های دو طرف آن مشاهده می کنیم، که هر کدام از این آبراه ها نمودی از حوض بزرگ وسط باغ و تداعی کننده خردمقیاسی هندسه نظام آبیاری باغ گلشن است. مسیرهای آب در طول باغ تکرار می شوند، به طوری که در طول باغ این مسیرها شامل هشت مسیر مشابه می شوند. بعد

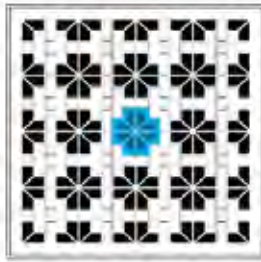
مستثنی نیست و در هندسه پلان چه در بعد آبیاری و چه در بعد گیاهی و ساختاری دارای قرینگی و تناسب است. معماری ایرانی از ابتدا به حریم و درون گرایی توجه ویژه ای داشته است. در این باغ با توجه به مشبک بودن طرح دیوارهای اطراف باغ به وسیله درختان سایه گستر و همچنین از طرفی ساختمان عمارت آن این درون گرایی ایجاد شده است. از دیگر ویژگی های شاخص این باغ چندلایه بودن آن است (سبک فولد)، زیرا می توان گفت این باغ از سه لایه تشکیل شده است که به وسیله ارتباطات عمودی به یکدیگر متصل شده اند. لایه اول در ابتدای ورودی است، لایه دوم با محوریت حوضچه مرکزی و لایه سوم که بالاترین سطح باغ است در قسمت انتهایی باغ قرار دارد. علاوه بر موارد ذکر شده، لایه کاشت گیاهان، لایه مخصوص عبور عابران پیاده و لایه عبور آب در تشکیل اجزای باغ گلشن طیس مشهود هستند. در پلان این مجموعه شاهد دوران در مقیاس خرد و کلان هستیم، به طوری که محل تقاطع خطوط تقارن مرکز دوران کرت ها و مسیرهای عبور آب است (تصویر ۱۵).
تزئینات عمارت باغ گلشن طیس شامل گره های اسلامی است، ساختار این گره ها دارای ویژگی خودمتشابهی بوده و علاوه بر آن تکرار و تکثیر این ساختار دارای خاصیت خردمقیاسی است به گونه ای که آنچه در جزئیات می نگریم در مقیاس کلان آن را می یابیم. گره علاوه بر داشتن نظام کاملاً پیچیده در عین حال بسیار منظم و گسترش پذیر است (تصویر ۱۶).

• نظام آبیاری

«جاری شدن آب از جای جای باغ (در باغ ایرانی آب را به درون زمین می برده و از مکان های خاص به بیرون جاری می کرده اند)



تصویر ۱۵. مقایسه هندسه فراکتال و هندسه نظام ساختاری باغ گلشن طیس. مأخذ: نگارندگان.



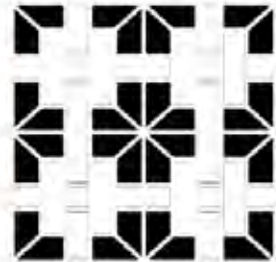
مرکز گرایی



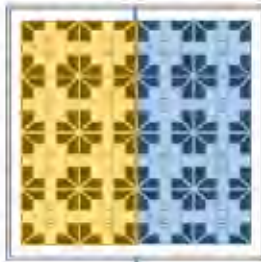
دوران



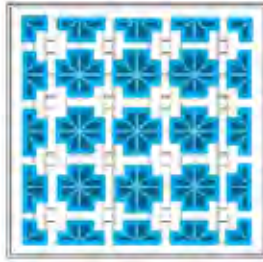
خود مشابهی



خرد مقیاسی



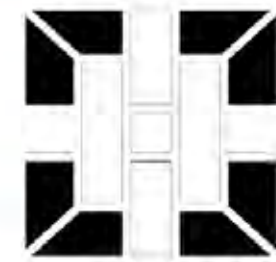
تقارن



تکرار شونده گی



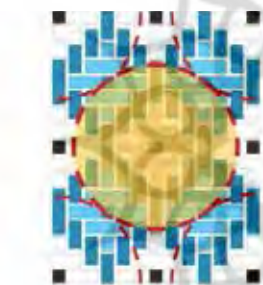
نوزایی



تناسب (بعد اعشار)



مرکز گرایی



دوران



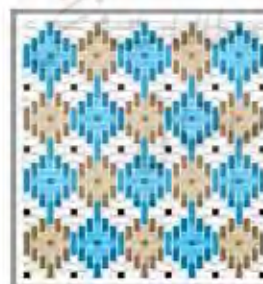
خود مشابهی



خرد مقیاسی



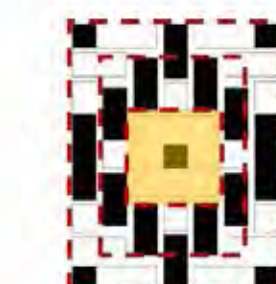
تقارن



تکرار شونده گی



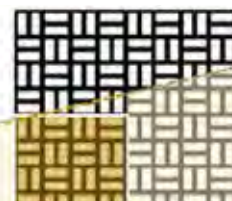
نوزایی



تناسب (بعد اعشار)



موقعیت گره در ورودی باغ



تصویر ۱۶. مقایسه گره‌های باغ گلشن و فراکتال‌ها از دیدگاه هندسه مشترک. مأخذ: نگارندگان.

کرت بزرگتر است، ابعاد کرت‌ها همزمان با رشد خود افزایش می‌یابند و تکرار و تکثیر می‌شوند. می‌توان گفت این ساختار دارای نوعی سلسله‌مراتب است. علاوه بر آن نظام گیاهی نیز به لحاظ ویژگی‌های کاشت و سایه‌اندازی دارای سلسله‌مراتب است. بعد اعشاری فراکتال، یک شیء خودسان به صورت مقدار مطلق نسبت $\log N / \log(\frac{1}{L})$ محاسبه می‌شود که در آن $\frac{1}{L}$ طول ضلع مشبک و N تعداد سلول‌هایی است که شیء را اندازه می‌گیرند. در مورد بعد فراکتالی نظام گیاهی باغ گلشن طبس می‌توان گفت طبق محاسبات انجام‌شده برای کرت‌های باغ و با قرار دادن مقدار $N=16$ در نسبت ذکرشده پاسخ معادله حاصل برابر ۲ خواهد بود. این عدد برابر با بعد اعشاری فراکتالی منحنی پینو در دسته‌بندی‌های فراکتالی است (تصویر ۱۸).

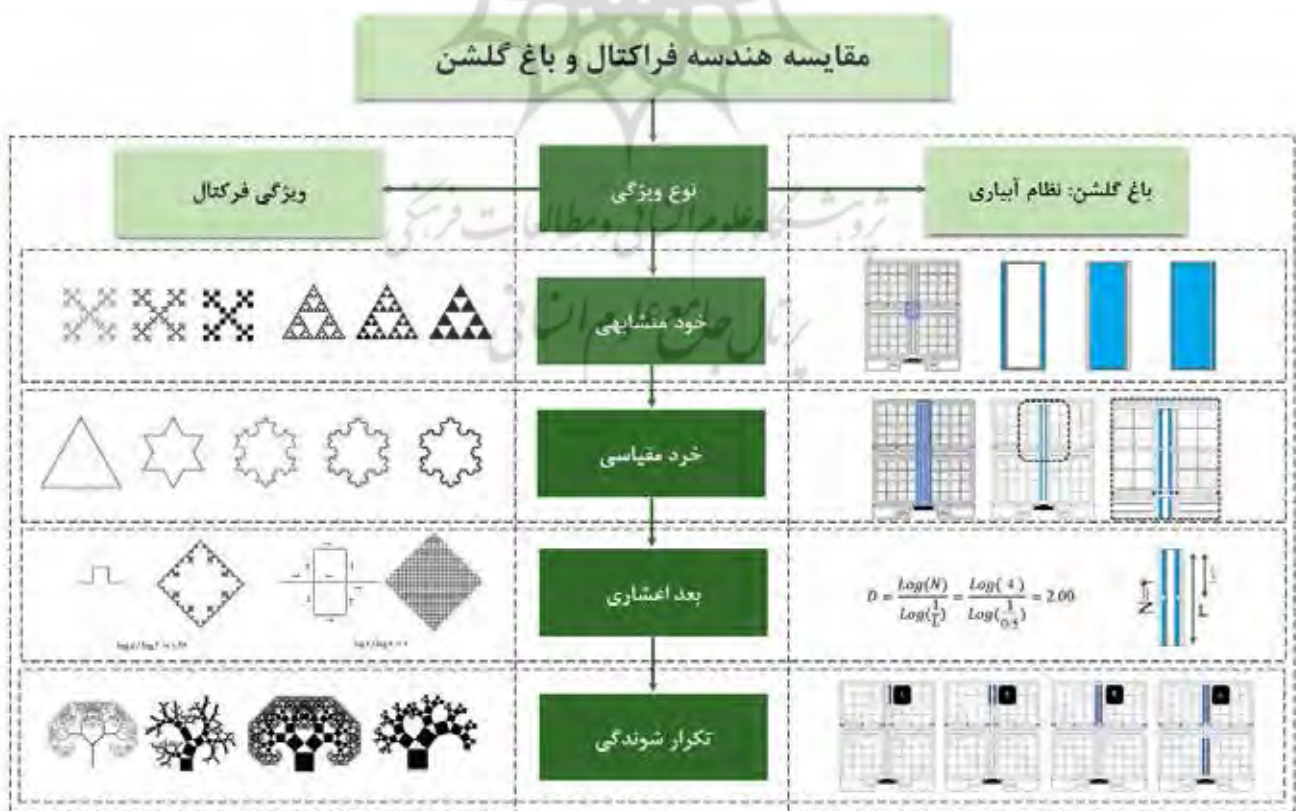
بحث

ویژگی عمده ساختمان‌هایی که براساس هندسه فراکتال و الگوهای آن ساخته شده باشند عبارت است از: انعطاف‌پذیری در مقابل شرایط اقلیمی، مسائل فرهنگی و کارکردی، نوآورانه بودن، تولید به شیوه بازخورد مثبت، تغذیه به روش بازخورد منفی از سیستم‌های طبیعی، معین و قابل شناخت در کلیت طرح و غیر قابل پیش‌بینی بودن در جزئیات، بیشترین ارتباط با واسطه با

فراکتال نظام آبیاری در باغ گلشن طبس به صورت مقدار مطلق نسبت \log_4 / \log_2 است که در آن $N=4$ و $L=1/05$ است و جواب معادله برابر ۲ است (تصویر ۱۷).

• نظام گیاهی

در باغ ایرانی کاشت گیاهان نظم معین خود را دارند. درختان سایه‌افکن در دو طرف مسیرهای باغ قرار می‌گیرند که بر مسیرهای محوری با توجه به اهمیت آنها و با اتکا به تنوع درختان سایه‌افکن تأکید می‌گذارند. این درختان مواقعی تنها یک نوع درخت هستند مانند چنار و مواقعی دو نوع مانند چنار و سرو. در محوره‌های فرعی که محور اصلی را به صورت قائم قطع کرده و مسیرهای بین کرت‌ها را تشکیل می‌دهند نیز درختان سایه‌افکن به طور ردیفی حضور دارند (میرفندرسکی، ۱۳۸۴). ردیف‌های درختان و ساختمان‌ها و همچنین مسیرهای متقاطع که امکان تبادل را ممکن می‌کنند می‌توانند یک فراکتال باشند. همچنین «درختان با شاخ و برگ‌های فراکتالی‌شان نور را گرفته و در مقابل باد مقاومت می‌کنند و همچنین برگ‌ها در حالت بهینه قرار می‌گیرند. قوانین حاکم بر رشد گیاهان باعث می‌شود خصوصیتی که در مقیاسی کوچک در آنها وجود دارد به مقیاس‌های بزرگ‌تر آن نیز انتقال یابد» (محمودی‌نژاد، ۱۳۸۸). در باغ گلشن طبس نظام گیاهی و کرت‌بندی‌ها دارای خاصیت خودمتمشابهی است به طوری که هر کرت نسخه کوچک‌تری از

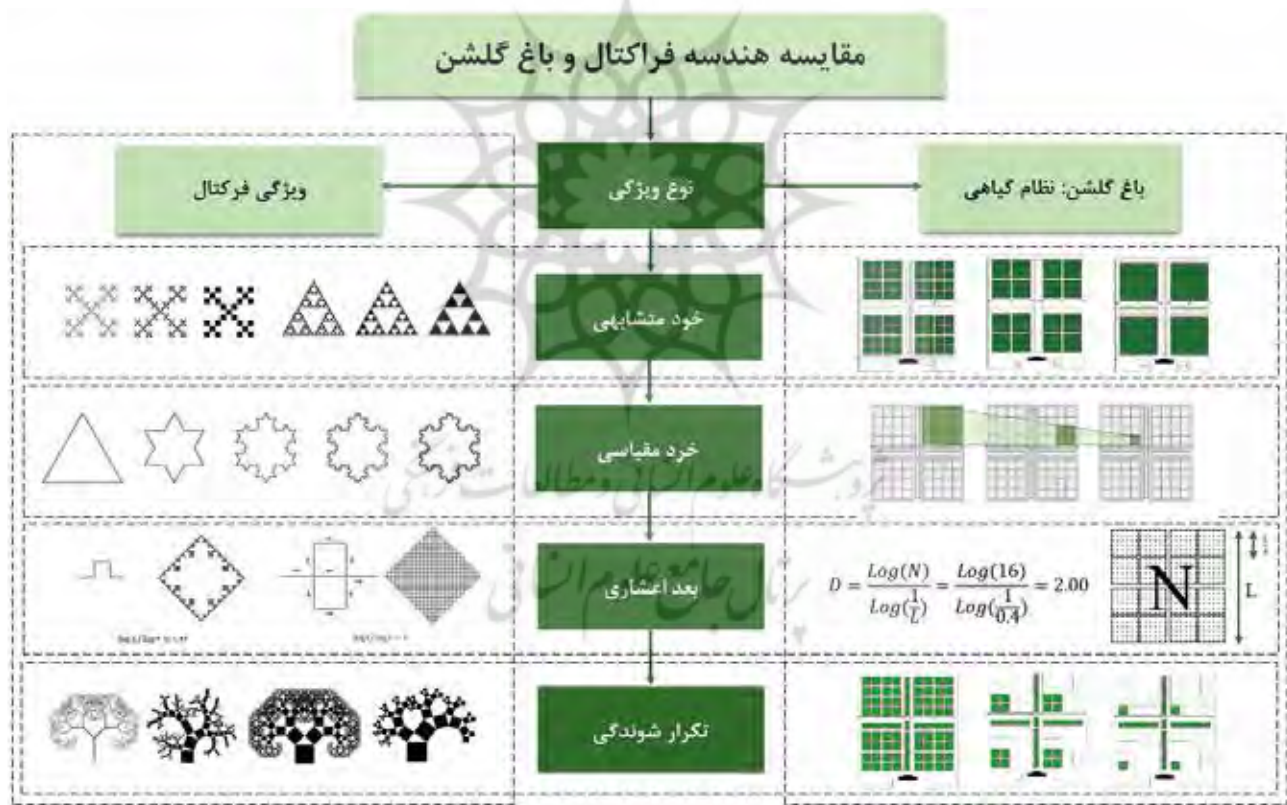


تصویر ۱۷. مقایسه هندسه فراکتال و هندسه نظام آبیاری باغ گلشن طبس. مأخذ: نگارندگان.

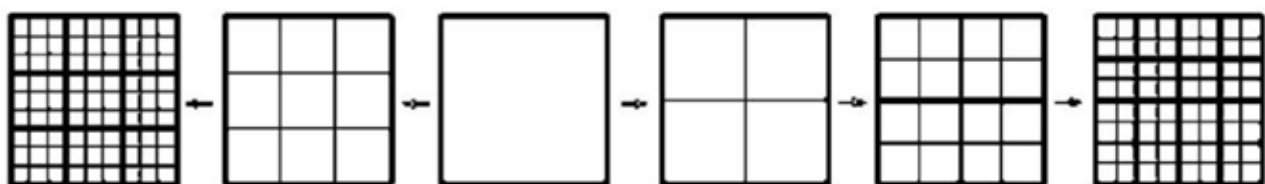
همچنین با توجه به مطالعه تطبیقی موارد ارائه شده، طبیعت درس‌ها و رهنمودهای طراحی متعدد و ارزشمندی به ما می‌دهد. به عبارتی دیگر، درک اصول مؤثر و شکل‌دهنده به این خطوط و فرم‌ها، تأکید بر معنا به جای توجه به صورت ظاهر و همچنین کاربری اصولی که تضمین‌کننده رشد و زندگی ارگانیزم‌ها و تکامل در محیط بوده حائز اهمیت است. بدون شک برداشتهای ظاهری از طبیعت به یک معماری بی‌هویت و تهی از معنا خواهد انجامید و حضور روح طبیعت در معماری است که به تجلی و پیشرفت آن خواهد انجامید.

در واقع وحدت در کثرت در معماری باغ گلشن گویای هندسه فراکتالی آن و از کل به جزء و از جزء به کل رسیدن آن است. فرم فراکتال ساده نمی‌تواند، با تقلیدی ظاهری بر معماری امروز ارزش افزوده‌ای داشته باشد. با شناخت و درک فراکتال‌ها می‌توان به خلق باغ‌های ایرانی کیفی منطبق با نیازهای جدید

محیط پیرامون، حداکثر استفاده از عناصر و مصالح و بافت‌های طبیعی، توجه به تمام مقیاس‌های طراحی، اطلاع‌رسانی مولد و پیوسته با در نظر گرفتن ظرفیت ادراکی کاربر استفاده از نمادها و نشانه‌ها، امکان خلق خاطره و فراموشی آن در ناظر (قدرت خلق و اضمحلال اطلاعات) (محمودی‌نژاد، ۱۳۸۸) (تصویر ۱۹). در هنر باغسازی ایرانی، تمهیداتی به کار گرفته شده است که بارزترین آنها ایده چهارباغ و محصور بودن عمارت (معماری) با باغ و هندسه شاخص بوده است. در چنین باغی، طراحی مقدس از دیوارهای احاطه‌کننده یا نمای داخلی باغ، همه چیز را متوازن نگه می‌داشت و فضایی مستطیل‌شکل را که با کانال‌های آب یا راهروهای متقاطع به چهار بخش تقسیم می‌شد، مشخص می‌کرد. عبارتی که برای این طرح به کار می‌رفت، «چهارباغ» کلمه‌ای در زبان فارسی قدیم بود که در زبان فارسی امروزی هم به کار برده می‌شود (خوانساری، مقتدر و یآوری، ۱۳۸۳). با توجه به مطالب و جدول‌هایی که در این مقاله ارائه شد و



تصویر ۱۸. مقایسه هندسه فراکتال و هندسه نظام گیاهی باغ گلشن طیس. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۹. نمونه‌ای از فرم فراکتالی دارای پیوستگی مقیاس‌بندی. مأخذ: نگارندگان.

تپولوژی فضایی باغ گلشن جلوه گر است. طراحان باغ گلشن فراکتال‌ها را از خودمانندی طبیعت برگرفته‌اند و این هندسه را راهی یافته‌اند برای بیان نمود کل در جزء و جزء در کل. به‌طور کلی، شناخت ذات و طبیعت و عمل یک ترکیب به وحدت منتهی می‌شود. برای رسیدن به این وحدت و گرفتن یک نتیجه کلی واحد، شناخت اجزا و تلفیق صحیح آنها از ضرورت‌های معماری است که این امر در نظام‌های تشکیل‌دهنده باغ گلشن طبس به بهترین نحو به‌نمایش گذاشته شده است. در این راه، وضوح مفهوم و هدف معمار نقشی اساسی بر عهده دارد، زیرا آگاهی کامل بر مفهوم کاری که باید صورت گیرد و شناخت دقیق هدف برای دستیابی به وحدت مورد نظر اساس کار معماری است. نتیجه آنکه:

۱. اجزای تشکیل‌دهنده هندسه باغ گلشن طبس ویژگی‌های هندسه فراکتال‌ها را دارند که عبارت است از: خودمتشابهی، خردمقیاسی، بعد اعشار و تکرار شونده‌گی (بنگرید به تصویر ۲۱).
۲. الگوهای هندسه فراکتالی در باغ ایرانی وجود دارد؛ اگر در نظام‌های ساختاری، آبیاری، گیاهی و کارکردی آن دارای ویژگی‌های اقتباس‌شده از هندسه فراکتال باشد.
۳. باغ گلشن طبس به لحاظ ویژگی نظام‌های تشکیل‌دهنده خود دارای ویژگی‌های هندسه فراکتال است.
۴. رویکرد فضا-زمان یک پیوستگی چهاربعدی است که سه بعد فضا را با بعد زمان ترکیب می‌کند. باغ گلشن طبس از لحاظ این ویژگی دارای تداوم زمانی است. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت این باغ در بعد چهارم طبیعت خود هم دارای ثبات در کسب ویژگی‌های فراکتالی بوده است.
۵. باغ گلشن طبس دارای ویژگی‌های انعطاف‌پذیری در مقابل شرایط اقلیمی، مسائل فرهنگی و کارکردی، نوآورانه‌بودن، معین و قابل شناخت در کلیت طرح و غیر قابل پیش‌بینی بودن

بشر مبادرت کرد (تصویر ۲۰). باغ ایرانی و به‌ویژه باغ گلشن طبس مفاهیم زیادی در بر دارد که هنوز جای بحث و تحقیقات زیادی در مورد آن وجود دارد و می‌تواند راهنمای ما در طراحی باغ‌های امروزی باشد. چراکه می‌بینیم اصول آن در بسیاری از معماری‌ها مورد استفاده معماران و طراحان با رویکردهای متعدد و متنوع، قرار گرفته است. امید است که دیگر صاحب‌نظران و پژوهشگران گامی مؤثر در ادامه مطالعات در باب بررسی روابط باغ ایرانی و هندسه فراکتالی موجود در آن بردارند و ادامه‌دهنده این مسیر باشند.

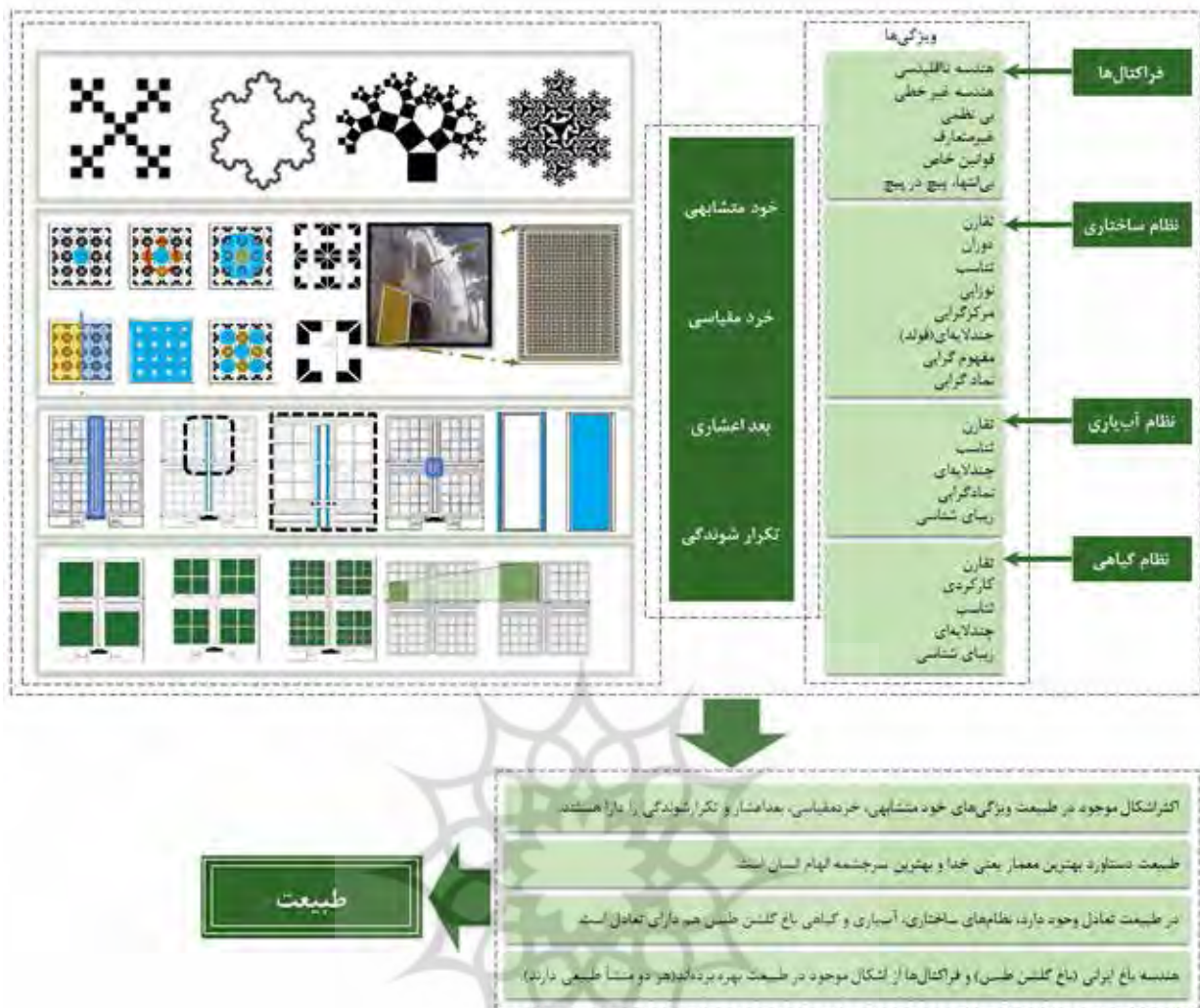
از مطالعات انجام‌شده، پژوهشگران به ویژگی‌های فراکتال‌ها و همچنین هندسه باغ گلشن دست یافتند که از جمله ویژگی‌های فراکتال‌ها می‌توان به هندسه ناقلیدسی و غیرخطی، بی‌نظمی، غیرمتعارف‌بودن، قوانین خاص و بی‌انتها اشاره کرد. در تحلیل هندسه باغ گلشن به سه نظام ساختاری، آبیاری و گیاهی آن پرداخته شد که از جمله عناصر کلی اصلی باغ ایرانی است. نظام ساختاری باغ گلشن طبس در جزء و تزیینات دارای ویژگی‌های تقارن، دوران، تناسب، نوزایی، مرکزگرایی، چندلایگی، مفهوم‌گرایی و نمادگرایی است. همچنین از بررسی‌های انجام‌شده در نظام آبیاری و گیاهی باغ گلشن ویژگی‌های تقارن، تناسب، چندلایگی، نمادگرایی و زیبایی‌شناسی حاصل شد. از مقایسه ویژگی‌های هندسه فراکتالی و هندسه باغ گلشن به چهار ویژگی مشترک خودمتشابهی، خردمقیاسی، بعد اعشاری و تکرار شونده‌گی دست یافتیم. بررسی‌ها نشان می‌دهد هندسه باغ گلشن و همچنین هندسه فراکتال هر دو منشأ طبیعی دارند. از طرفی در طبیعت تعادل وجود دارد و نظام‌های ساختاری، آبیاری و گیاهی باغ گلشن هم دارای تعادل است و با توجه به نتایج می‌توان گفت که هندسه این باغ برگرفته از هندسه طبیعت‌گرای فراکتالی است (تصویر ۲۱).

نتیجه‌گیری

کار شهودی هنرمند آن است که در اثرش هندسه پنهان عالم را به هندسه آشکار تبدیل کند. فرهنگ ایرانی انسان را جدا از طبیعت نمی‌داند، بلکه او را همراه با سایر عناصر طبیعت برای پی‌بردن به آیات و نشانه‌های خدا می‌بیند. از این رو به‌نظر می‌رسد معماری و هنر ایران به‌شدت طبیعت‌گرا باشد. در واقع، می‌توان گفت که هدف کلی طراحی باغ ایرانی وصول همنشینی با طبیعت است که به‌صورت کشتی در نهاد انسان وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بهره‌گیری ویژگی‌هایی همچون خودمتشابهی، خردمقیاسی، بعداعشاری و تکرار شونده‌گی، داشتن ایده‌های اقتباس‌شده از طبیعت و همچنین استفاده از فرمی همچون پنج‌ضلعی که در طبیعت فراوان دیده شده و قابلیت زیادی در فراهم کردن ویژگی‌های مذکور دارد، می‌تواند از اصول طراحی معماری فراکتال در باغ ایرانی و به‌ویژه باغ گلشن طبس باشد. هندسه فراکتال در فضاهای متنوع و خودهم‌ساز و



تصویر ۲۰. ویژگی‌های باغ گلشن طبس و فراکتال. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۲۱. ویژگی‌های باغ گلشن طبس و فراکتال. مأخذ: نگارندگان.

- ایرانی بهبهانی، هما. (۱۳۸۶). *در سنامه سیر اندیشه‌های معماری منظر*. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
- بلیان اصل، لیدا. (۱۳۹۰). بررسی ویژگی‌های هندسی گره‌ها در تزیین‌های اسلامی از دیدگاه هندسه فراکتال. *مطالعات شهر ایرانی-اسلامی*، ۲(۶): ۸۳-۹۵.
- پورمند، حسنعلی و کشتکار قلاتی، احمدرضا. (۱۳۹۰). تحلیل علت‌های وجودی ساخت باغ ایرانی. *هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی*، ۳(۴۷): ۵۱-۶۲.
- پناهی، سیامک؛ کریمی خیای، ارسلان و مختاباد امرئی، سیدمصطفی. (۱۳۸۸). فرش شهری، مقدمه‌ای بر شهرسازی فولدینگ. *هویت شهر*، ۳(۵): ۵۹-۷۰.
- تبریزی، مریم و یادگاری، علیرضا. (۱۳۹۶). بررسی ویژگی‌های هندسی گنبد اورچین از دیدگاه هندسه فراکتال. *کنفرانس پژوهش‌های معماری و شهرسازی اسلامی و تاریخی ایران*، شیراز.
- تفقیدی خواجوی، ندا و نبی میبیدی، مسعود. (۱۳۹۶). نقش فرم‌های طبیعی در شکل‌گیری فرم در حوزه معماری از منظر هندسه فراکتال. *دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و مدیریت بحران*، دانشگاه علامه مجلسی، تهران.
- حیدرنتاج، وحید و منصور، سیدامیر. (۱۳۸۸). نقدی بر فرضیه

در جزئیات، حداکثر استفاده از عناصر و مصالح و بافت‌های طبیعی، توجه به تمام مقیاس‌های طراحی، استفاده از نمادها و نشانه‌ها، امکان خلق خاطره و فراموشی آن در ناظر است که این ویژگی‌ها از جمله ویژگی‌های هندسه فراکتال است. ۶. در پس هندسه بدیع باغ گلشن طبس در ابعاد مختلف، علاوه بر ویژگی‌های نام‌برده، مفاهیم و ویژگی‌های دیگری مانند «مفهوم‌گرایی» و «نمادگرایی» و «چندلایه‌ای بودن» نیز وجود دارد که نیازمند بررسی بیشتری است.

فهرست منابع

- اسم‌خانی، معصومه و هادی‌طلب، محسن. (۱۳۹۵). *ریشه‌های هندسه فراکتال و هندسه مقدس در معماری با نمونه موردی گنبد سلطانیه*. کنفرانس بین‌المللی مهندسی شهرسازی، عمران، معماری، دانشگاه علمی کاربردی استانداری قم.
- افتخارزاده، ساناز. (۱۳۸۴). هندسه طبیعت در برابر هندسه اقلیدسی. *معماری و ساختمان*، ۸(۲): ۳۳-۳۷.
- امینی، محمود. (۱۳۸۴). *جغرافیای تاریخی شهرستان طبس*. یزد: نیکوروش.

- کاوه بوکانی، پرنگ. (۱۳۹۴). *باغسازی ایرانی و عناصر معماری آن* (تجزیه و تحلیل باغ فین کاشان). اولین کنفرانس سالیانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، یزد.
- کرمی مفرد، رهام. (۱۳۹۶). *ماهیت فراکتال و تأثیر آن بر معماری*. کنفرانس پژوهش‌های معماری و شهرسازی اسلامی و تاریخی ایران، شیراز.
- محمودی‌نژاد، هادی. (۱۳۸۸). *معماری زیست مینا*. تهران: طحان.
- مروج تربتی، خاطره و حسینی، آرزو. (۱۳۹۲). بررسی علل نبود کوشک در باغ گلشن طبس. *پژوهش هنر*، ۳(۶)، ۹۱-۹۹.
- میرفندرسکی، محمدامین. (۱۳۸۴). *باغ ایرانی چیست؟ باغ ایرانی کجاست؟ موزه‌ها*، ۱۱(۴۱)، ۱۰.
- نصر، سیدحسین. (۱۳۶۶). *علم در اسلام* (ترجمه احمد آرام). تهران: سروش.
- نعیم، غلامرضا. (۱۳۹۴). *باغ‌های ایران*. تهران: پیام.
- نقی‌زاده، محمد و دورودیان، مریم. (۱۳۸۷). تبیین مفهوم گذار در مبانی هویت تمدن ایرانی. *هویت‌شهر*، ۲(۳)، ۷۳-۸۴.
- Davis, B. (2008). *Integration of Fractal Geometry into Mathematics and Science Curricula*, Math Science Innovation Center. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/189502110/Integration-of-Fractal-Geometry-in-Science>
- Vaughan, J., & Ostwald, M. J. (2018). *Fractal geometry in architecture*. In *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences* (pp. 1-16). Cham: Springer.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in Science and Mathematics, An Educational Approach*. Dordrecht: Kluwer.
- Henry, R. (2007). *Pattern, cognition and contemplation exploring the geometric, art of Iran*. *Journal of the Iran Society*, (2), 24-36.
- Ronning, Frode, *Islamic patterns and symetry group*.
- Ostwald, M. J., & Vaughan, J. (2016). *The Fractal Dimension of Architecture* (Vol. 1). Cham: Birkhäuser.
- Sala, N. (2006). *Fractal geometry and architecture: some interesting connections*. In *Eco-Architecture: Harmonisation between Architecture and Nature* (vol. 1, 163-173). The New Forest: WIT.
- Vaughan, J., & Ostwald, M. J. (2018). *Fractal geometry in architecture*. In *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences*, Cham: Springer.
- الگوی چهارباغ در شکل‌گیری باغ ایرانی. *باغ نظر*، ۱۲(۶)، ۱۷-۳۰.
- خاک‌زند، مهدی و احمدی، امیراحمد. (۱۳۸۶). *نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری*. *باغ نظر*، ۴(۸)، ۳۵-۴۷.
- خوانساری، مهدی؛ مقتدر، محمدرضا و یآوری، مینوش. (۱۳۸۳). *باغ ایرانی بازتابی از بهشت*. تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی.
- خیرات، الهام و شاطرزاده، علی. (۱۳۹۷). *بررسی هندسه فراکتال و تأثیر آن در معماری و طبیعت*. *کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام*. دانشگاه تبریز، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و دانشگاه علمی کاربردی شهرداری تبریز، تبریز.
- دانشدوست، یعقوب. (۱۳۶۹). *طبس شهری که بود (باغ‌های طبس)*. تهران: سروش.
- دانشدوست، یعقوب. (۱۳۹۶). *باغ ایرانی*. فصلنامه *اثر*، ۱۸ (۱ و ۱۹)، ۲۱۴-۲۲۴.
- دیبا، داراب و انصاری، مجتبی. (۱۳۷۶). *باغ ایرانی*. *مجموعه مقالات کنگره تاریخ معماری و شهرسازی ایران*. ارگ بم، کرمان.
- زارعان، امیرحسین؛ یادگاری، امیرحسین و خسروی‌وند، فیروز. (۱۳۹۴). *طبیعت منبع الهام؛ هندسه فراکتال و معماری*. دومین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران.
- شاهچراغی، آزاده. (۱۳۹۳). *بازیابی طرح تک‌محوری چهارباغ ایرانی*. *هویت‌شهر*، ۸(۲۰)، ۱۷-۳۰.
- شاهچراغی، آزاده. (۱۳۹۴). *چهارباغ یا چارباغ؟ منظر*، ۷(۳۰)، ۶-۱۳.
- شبانی، مهدی و هاشمی‌زادگان، سیدامیر. (۱۳۹۵). *باغ ایرانی، هستی نوشونده*. *باغ نظر*، ۱۳(۴۵)، ۵-۱۲.
- طاهرخانی، مینا و حصار، پدram. (۱۳۹۴). *ساختار هندسی باغ ایرانی: نمونه موردی مقایسه باغ فین کاشان و باغ دولت‌آباد یزد*. اولین کنفرانس انسان، معماری و مهندسی عمران در شهر، تبریز.
- عربی، مانده و وحدتی، فرخنده. (۱۳۹۴). *باغ ایرانی تمثیلی از بهشت آرمانی موعود* (با بررسی مفهوم بهشت در ادیان الهی اسلام و مسیحیت و بازخوانی نمود آن در باغ ایرانی). *همایش بین‌المللی هزاره سوم*. تهران.
- فلاسکی، منصور. (۱۳۸۱). *ریشه‌ها و گرایش‌های نظری معماری*. تهران: فضا.
- فیض‌آبادی، محمود؛ انصاری، مجتبی و میرحسینی، سیدمجتبی. (۱۳۹۴). *هندسه مشترک در باغ و فرش ایرانی*. *نگارینه هنر اسلامی*، ۲۷-۳۵.
- قبادیان، وحید. (۱۳۸۲). *مبانی و مفاهیم در معماری معاصر غرب*. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Baghe-Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله:

شرقی، علی؛ عزیزمقدم، محمدامین و جمالی‌گندمانی، زهرا. (۱۳۹۹). *بازشناسی تطبیقی الگوهای هندسه فراکتال در معماری و منظر باغ ایرانی*. *نمونه موردی: باغ گلشن طبس*. *باغ نظر*، ۱۷(۸۵)، ۳۱-۴۴.

DOI: 10.22034/BAGH.2019.164706.3927

URL: http://www.bagh-sj.com/article_101520.html

