نشریه علمی بوطیقای معمـــاری
زمستان ۱۴۰۱، سال ۲، شماره ۷

تبیین مدل برنامه‌نویسی الگوریتمیِ گرامرهای شکل و فُرم‌یابی معماری بیوفیلی با تاکید بر ساختار فراکتال

زمان دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۶/۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

پارمیس ناصری- دانشجو دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آذربایجان شرقی، ایران.

عدنان دباغی[۱]- کارشناسی ارشد ناپیوسته مهندسی نرم افزار، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

دکتر محمد شبانی- دکتری تخصصی معماری، گروه هنر و معماری، استادیار دانشگاه پیام نور بیرجند، خراسان جنوبی، ایران.

چکیده

هندسه فرکتال «مندلبرات» توانایی توصیف جریانی از جزئیات مشاهده شده در فرم‌های طبیعی را دارد. یکی از خصوصیات اصلی که هندسه فراکتال در مورد طبیعت به ما می گوید، مسطح نبودن طبیعت است. از سوی دیگر، در مباحث معماری اخیر، مفاهیم زیست‌شناسی جانورسان و «زیست‌ریخت» (بیومورفیک) اغلب با معماری متشکل از اشکال نامنظم و منحنی‌الخط شناسایی می‌شوند. گرامرهای شکل بیومورفیک می‌توانند همراه با طرح‌های زبانی الگوریتمی باشند و بنابراین جملات حائز اهمیتی را توضیح و نشان دهند که ممکن است زبان‌های طراحی معماری فرم‌های طبیعی را تولید کنند. موضوع اصلی این مقاله بررسی مدل برنامه‌نویسی الگوریتمیِ گرامرهای شکل و فُرم‌یابی معماری بیوفیلی با تاکید بر ساختار فراکتال است که روش تحقیق توصیفی تحلیلی است که از ابزار داده مطالعات اسنادی و روش ترسیمی CAD و الگوریتم نویسی Visual Basic 2 بهره برده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که هر چند، همان طور که گرامرهای شکل، بر اساس مجموعه تعریف شده‌ای از قوانین هستند، آن‌ها به طور گسترده ای برای تولید طرح‌های معماری بیومورفیک، نمودارها و نماهای کلی حجم مورفولوژیک استفاده شده اند و یک نوع جالبی از گرامرهای شکل، سیستم‌های تولیدی فراکتال است؛ چنان‌چه بر اساس یک طرح که توسط ریاضی‌دان آلمانی به نام وون کوخ تدوین شد، یک پروسه فراکتال متشکل از یک شکل اولیه (پایه) و یک یا چند مولد می‌باشد.

واژگان کلیدی: الگوریتم، گرامر شکل‌یابی، معماری بیومورفیک، ساختار فراکتال.

[۱] مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۹۳۸۷۰۰۶، رایانامه: ada2374@gmail.com

۱- مقدمه و بیان مساله

ایده‌ها پیرامون طبیعت اغلب اوقات در تئوری و گفتمان «معماری بیومورفیک» یکپارچه می‌شوند. به‌عنوان مثال، ایده‌های کلیت و واحد معین که گاهی مواقع معرف موجودات زنده است، به‌صورت برجسته در هنر و در معماری، از زمان ارسطو و افلاطون روی داده است (استدمان، ۱۹۷۹؛ وان اک، ۱۹۹۴؛ اورسینی، ۱۹۷۲؛ گرابو، ۱۹۹۵، ص ۶). هندسه فرکتال بیوفیلیک مطالعه اشکال ریاضی است که نمایانگر جزئی از اجزاء خودمتشابه بی‌انتها و پیچ در پیچ است که این خصوصیات را می توان با دقت مشاهده نمود. هندسه فرکتال «مندلبرات»[1] توانایی توصیف جریانی از جزئیات مشاهده شده در فرم‌های طبیعی را دارد. یکی از خصوصیات اصلی که هندسه فراکتال در مورد طبیعت به ما می گوید، مسطح نبودن طبیعت است. طبیعت تعداد نامتناهی از مقیاس‌های طولی را به نمایش می‌گذارد. جریانی بی‌انتها از فرم‌های جذاب که به صورت دسته‌بندی شده قرار می‌گیرد و به ندرت دارای یک تعادل کامل است (بوویل، ۱۳۸۶). یک نقل قول از ریاضی‌دان مندلبورت این است که کوه‌ها مخروطی نیستند، خطوط ساحلی دایره نیستند و رعدوبرق در خط مستقیم حرکت نمی‌کند (Mandelbrot, 1996). همچنین در مباحث معماری اخیر، مفاهیم زیست‌شناسی جانورسان و «زیست‌ریخت» (بیومورفیک) اغلب با معماری متشکل از اشکال نامنظم و منحنی‌الخط شناسایی می‌شوند. شباهت-های نسبی زیستی نیز راه خود را برای معماری سبز پیدا کرده‌اند، زیرا همانند موجودات زنده و ارگانیسم‌ها، این ساختمان‌ها و بناها در مصرف انرژی خود، اقتصادی و خودکفا هستند. در این مقاله به بررسی ارائه مدل مفهومی برنامه‌نویسی الگوریتمی گرامرهای شکل و فرم‌یابی معماری بیوفیلی با تاکید بر ساختار فراکتالی پرداخته می‌شود.

۲- روش‌شناسی تحقیق

هدف اصلی این پژوهش ارائه مدل مفهومی برنامه‌نویسی الگوریتمی گرامرهای شکل و فرم‌یابی معماری بیوفیلیک با تاکید بر ساختار فراکتالی است. ماهیت تحقیق حاضر کاربردی و روش آن «توصیفی- تحلیلی» و برخورداری از نرم‌افزارهای ترسیمی است. ابتدا چارچوب نظری تحقیق از مدارک، مستندات و سوابق علمی که در ارتباط با موضوع پژوهش استخراج شده و پس از بررسی این مباحث، نتیجه کلی مرتبط و فرایند پژوهش و اصول طراحی از آن استنتاج شده است.

۳- ادبیات تحقیق

۳-۱ معماری بیومورفیک و فراکتال

تا آن‌جایی‌که به نظریه زیست‌شناسی به مقوله فُرم با محیط مربوط می‌شود، می‌توان گفت که وابستگی مقوله داروینیسم با معماری رو به‌نقصان و کاهش نهاده است. تحولات و بهبودی که در تجهیزات

[1] Benoit Mandelbrot

تهویه هوا به وقوع پیوسته است، باعث شده است که فُرم‌های معمارانه ارتباط خود را با شرایط اقلیمی تعدیل نمایند. دیوارهای شیشه‌ای به همان میزانی که در کانادا مورد استفاده قرار گرفته است، در مناطق گرمتر نیز استفاده شده است؛ درحالی‌که سیستم سنتی ژاپنی ساختمانی قاب، بیشتر در خارج از ژاپن بکار گرفته شده است تا در داخل ژاپن. می‌توان گفت تنها در مناطقی که بهره‌وری از «مصالح بومی» از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخودار است، دیده می‌شود که ویژگی‌های محیط در فُرم‌ها موثر افتاده‌اند (کالینز، ۱۳۷۵، صص ۱۸۷–۱۸۸). خردگرایان فرانسوی در واقع بیشتر جذب این ایده تبعیت فُرم از ساختار شدند (که بدون لحاظ کردن هرگونه قیاس کاملاً معقول می‌نمود)؛ بدین‌ترتیب تردیدی باقی نخواهد ماند که این سولیوان بود که برای اولین بار شالوده اعتقادنامه معمارانه را بر قیاس‌های زیست‌شناسانه، استوار نمود (کالینز، ۱۳۷۵، ص ۱۸۹). فراکتال‌ها دارای فُرم و ساختار اولیه هستند که در راستای همسازی سلولی آنها شکل می گیرد، یعنی فُرم اولیه شهر را می توان از فرم نخستین هسته شهر پیش‌بینی کرد که تا حدودی مورد توافق اندیشمندان شهرسازی قرار می‌گیرد. «ادوارد لارنز» استاد علوم هواشناسی در دانشگاه ام.آی. تی در آمریکا، «نظریه آشفتگی» را در ده هفتاد میلادی مطرح کرد. وی در سال ۱۹۷۲ مقاله‌ای با عنوان «آیا حرکت بال پروانه در برزیل باعث به وجود آمدن گردبادهای عظیم در تگزاس می‌شود؟» را منتشر نمود. این مقاله به نام «اثر پروانه» شهرت یافت. بر اساس این نظریه، اتفاقات کوچک موجب رخ دادن اتفاقات بزرگ می‌شود. به‌نظر لارنز، به دلیل وجود آشفتگی، تغییرات آب و هوایی را نمی‌توان پیش‌بینی کرد و همیشه این پیش-بینی‌ها تقریبی‌است. کاربست مفاهیمی همچون روابط غیر خطی پیچیدگی و فرایندهای تکرار و تداوم، در معماری پست مدرن از کارکردهای هندسه فراکتالی در معماری بشمار می‌روند که در آثار معماران دیکانستراکشن مانند زاها حدید و فرانک گری مشهود است. طراحی موزه بیلبائوی فرانک گری نمونه آشکار بهره گیری از سیالیت فضایی و تکرار و تداوم فُرم‌های سیال با پیچیدگی و روابط آشفتگی ویژه‌ای است یا طراحی زاها حدید برای اپرای «کاردیف بای» با استفاده از «هندسه فرکتالی» برای بکارگیری حس «تداوم» در سطوح حامل تغییر را می‌توان نمونه آشکار کاربست هندسه فراکتالی شمرد. برخی بناهای سنتی مانند اپرای پاریس «شارل گارنیه» (۱۸۲۵–۱۸۹۸) دارای مقیاس‌های فراکتالی ویژه‌ای هستند (سردار و آبرامس، ۱۳۷۹) که دارای جزییاتی هماهنگ با بنا هستند که با نزدیک شدن جزییات بیشتری جلوه می‌کند. فراکتال‌ها دارای دو ویژگی و مشخّصه وابسته به هم هستند:

۱. «آن‌ها دارای لبه‌ها و وجوه منفذدار تاب‌خورده و غیرمستقیم هستند»؛

«از چند ساختار متّصل به هم، با مقیاس‌های مختلف و متفاوت شکل گرفته‌اند» در ساختار شهرهای تاریخی، مقیاس‌های متعددی وجود دارد. کلونادها، رواق‌ها، ردیف‌های ساختمان‌ها و مسیرهای متقاطع مربوط به یک سطح نفوذپذیرند که امکان تبادل را ممکن می‌سازد. این می‌تواند یک فراکتال

باشد. نکته مهمّی که در ابعاد فراکتال مطرح است، مقیاس فراکتال‌هاست. معماری و شهرسازی در مقیاس بشری فراکتال‌ها را بکار می‌گیرند؛ به عنوان نمونه در یک کلوناد زمانی که فاصله ستون‌ها بین ۱ تا ۳ متر باشد، مفید است و بیشتر از آن خارج از احساس انسانی است (سالینگاروس، ۱۳۸۲ ص ۲۷–۲۸). در عین‌حال می‌توان گفت که فراکتال‌ها شکل‌هایی هستند که برعکس شکل‌های هندسه اقلیدسی 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 (خاک‌زند و احمدی، ۱۳۸۶، ص ۳۹).

۳-۲ الگوریتم و معماری بیومورفیک

وقتی «کارل بُوویل» کتاب تحقیقی پرنفوذ خود را به نام «هندسه فراکتال در معماری و طراحی» منتشر کرد، مرحله جدیدی در رابطه عجیب و متناقض بین معماری و نظریه آشوب پا به‌عرصه وجود گذاشت. بوویل بیش از هر نویسنده دیگری در معماری، خود را در ریاضیات آشوب (پیچیدگی) غرق کرد. او این طور استدلال می‌کند که هندسه فراکتال وسیله خوبی برای معماری است؛ اما به شرطی که عاقلانه استفاده شود (رضاسلطانی، ۱۳۷۹، ص ۵۸). هر فُرمی که به خود شبیه باشد، می‌تواند فراکتال باشد. اگر یک نقش یا طرح همزمان با رشد خود افزایش مقیاس یا ساختار در طول زمان یا فضا داشته باشد و تکرار و تکثیر گردد، می‌توان گفت این ساختار دارای نوعی سلسله‌مراتب است. بدین ترتیب سازماندهی فراکتالی نوعی سازماندهی سلسله مراتبی است (بتی، ۱۳۸۴، ص ۷۵). الگوریتم‌ها به عنوان عملیات ریاضی جهانی و انتزاعی، فهمیده شده اند که می توانند تقریبا برای هر نوع یا هر کیفیت از المان ها، بکار بروند. برای نمونه، یک الگوریتم، در هندسه محاسباتی درباره شخصی نیست که آن را ابداع کرده، بلکه درباره کارایی، سرعت، و کلیت آن است. متعاقبا، استفاده از الگوریتم‌ها برای بررسی مسائل رسمی، توسط بعضی، از روی بدگمانی نگریسته شده. (از نظر بعضی، به عنوان تلاشی برای چشم‌پوشی از شناسایی و هویت و خلاقیت انسانی و معتبر بودن است). در هر حالت، الگوریتم‌ها، منفک‌هایی (محفوظ‌هایی) از فرایندها یا سیستم‌هایی از فرایندها هستند که به پرش در داخل جهان ناشناخته، اجازه می‌دهند (Adesina, A. 2007). (خواه طبیعی یا ساختگی و مصنوعی). آنها محصول نهائی نیستند، بلکه یک وسیله برای اکتشاف هستند. آنچه که این فرایندها را از حل‌کننده مسائل عادی، متمایز می سازد، این است که رفتارشان اغلب غیر قابل پیش بینی است. و بارها آنها طرح هایی از اندیشه و تفکر و نتایجی را تولید کردند که خالق هایشان را نیز سرگرم می سازد. محاسبه، واژه ای است که با کامپیوتری کردن، متفاوت است اما اغلب این دو با هم اشتباه گرفته شده اند. در حالی که محاسبه، یک روش محاسبه کردن، تعیین چیزی توسط روش‌های منطقی یا ریاضی است، کامپیوتری کردن عمل وارد کردن، پردازش یا ذخیره اطلاعات در

یک کامپیوتر یا یک سیستم کامپیوتری است. کامپیوتری کردن درباره: به طور خودکار دراوردن، مکانیزه کردن، دیجیتالی کردن است(Batty M., Longley P. 1994).

۳-۳ مورفولوژی معماری و الگوریتم

سیستم‌های آشوب‌گونه که سیستم‌های زنده و پویا هستند، از لحاظ ادراکی بهترین موضوع تطابق و پذیرش مغز هستند و هندسه اقلیدسی خطی و مصنوع یا پریودیک همخوانی و تناسبی اندکی با مغز انسان دارد. «خصوصیّات اصلی هندسه طبیعت» عبارتند از: *«۱. معیّن و قابل شناسایی درعین غیرقابل پیش‌بینی بودن، ۲. تازگی، ۳. توان سازگاری بالا با محیط، ۴. امکان نوآوری و پویایی، ۵. انعطاف-پذیری، ۶. بهینه‌سازی، ۷. خودتولیدی، ۸. خودسازماندهی، ۹. ظرفیّت اطّلاعات بالا، ۱۰. قدرت اضمحلال اطّلاعات، ۱۱. توانایی تغذیه از تعاملات و اختلالات محیطی جهت تولید اطّلاعات، ۱۲. حساسیّت زیاد به شرایط اوّلیه و قدرت خود تنظیم‌کنندگی و دادن پاسخ بهینه، ۱۳. توانایی خلق مداوم اطّلاعات از داده‌های بسیار محدود و ناچیز و گنجیدن نامحدود در محدود».* اصول و قواعد ترکیبی، ویژگی‌های هندسی و ویژگی‌های مورفولوژیکی (ریخت‌شناسی)، از ظاهر و سیمای شکلی یک شیء، استخراج شده اند. در مقابل، آنالیز ساختاری با استخراج از انگیزش‌ها (محرک‌ها) و ویژگی‌هایی که در داخل شکل، تلویحی و ناآشکار هستند، سر و کار دارد و این که ممکن است برای تمایز تفاوت بین آنچه که هست و آنچه که باید باشد، استفاده بشود. یک راهکار، برای شکل بر اساس طرح، دستور زبان (گرامر) شکل است. آن‌ها برای انجام محاسبات فضایی به صورت بصری، توسعه داده شده بودند و برای تولید طرح‌های بر اساس قوانین تولید، استفاده شده‌اند. یک شکل گرامر، متشکل از قوانین و یک شکل اولیه می باشد (Painter, Joe. 2006). در گرامرهای استاندارد، هر قانون، صریحاً و بوضوح، توسط یک جفت از اشکال مجزا شده توسط یک پیکان، تعریف شده است.

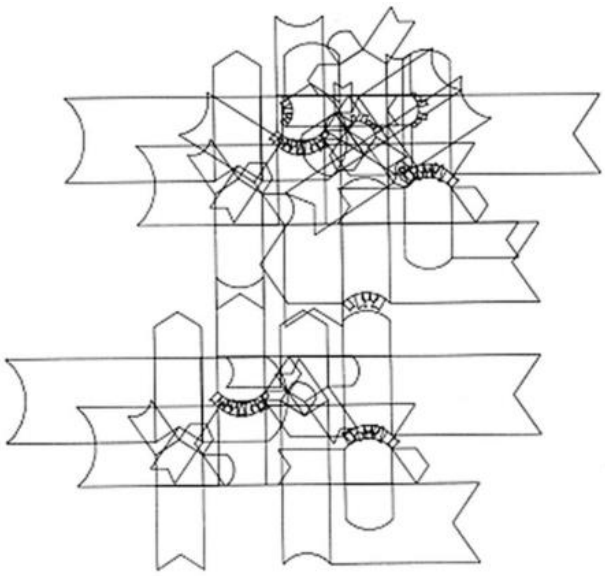
۳-۴ گرامرهای شکل و فرم‌یابی معماری

بسیاری از طرّاحان با توجه به تجلّیات طبیعت، کارآیی، تنوّع و تغییر را به عنوان ذات سیستم‌های طبیعی مورد مطالعه قرار داده‌اند. آن‌ها هندسه‌ای را که از فرآیندهای فیزیکی و زیست‌شناسی بوجود آمده است، بررسی کرده‌اند تا بهتر بتوانند نظم گیتی و نقش انسان را در این نظم بشناسد. آنان متوجه شده اند که طبیعت با حداقل اجزاء می‌تواند حداکثر تنوّع را بوجود آورد. تجلیّات طبیعی زنده و غیر زنده ضمن این‌که با حداقل اجزاء حداکثر کارآیی را به‌وجود می‌آوردند، نقش حفاظت از منابع را نیز به عهده دارند. این تجلیّات ویژگی‌های درونی سیستم سازمانی را با تأثیرات خارجی می‌پیوندند و ضمناً حداکثر کارآیی را موجب می شوند. مثلاً در دانه‌های برف بیان هندسی وجود دارد که از حداقل انرژی استفاده می‌کند، حداکثر کارآیی را دارد و به دلیل تفاوت‌های شرایط محیطی از جمله درجه حرارت، رطوبت، جریان هوا و فشار جوّ در هنگام شکل گرفتن دانه برف، فُرم‌های متنوّعی

را ایجاد می‌کند. الگوی شاخه‌ای نیز که در فُرم‌های غیر زنده (به عنوان نمونه در رودخانه) و زنده (به‌عنوان نمونه شاخه‌های درختان) دیده می‌شود، همین ویژگی حداقل انرژی و حداکثر کارآیی را بیان می‌کند. از لحاظ شکلی مثلث با حداقل اجزاء حداکثر کارآیی را دارد. مثلث شکلی ذاتاً پایدار است، بنابراین باید در طبیعت یافت شود و همینطور هم هست. شبکه مثلثها الگویی سازمان‌دهنده است که در طبیعت مکرراً به چشم می‌خورد.

گرامرهای شکل می‌توانند همراه با طرح‌های زبانی باشند و بنابراین جملات حائز اهمیتی را توضیح و نشان دهند که ممکن است زبان‌های طراحی را تولید کنند. هرچند، همان طور که گرامرهای شکل، بر اساس مجموعه تعریف شده ای از قوانین هستند، آن‌ها به طور گسترده ای برای تولید طرح ها، نمودارها و نماهای کلی کف، استفاده شده اند. یک نوع جالبی از گرامرهای شکل، سیستم های تولیدی فراکتال است (Razin, Eran and Shlomo Hasson, 1994). بر اساس یک طرح، که توسط ریاضی‌دان آلمانی به نام وون کوخ، تدوین شد، یک پروسه فراکتال، متشکل از یک شکل اولیه (پایه) و یک یا چند مولد می باشد. از نقطه نظر عملی، مولد، یک قانون تولید است: هر بخش و هر قسمت خط از پایه، توسط شکل‌های مولد، جایگزین شده است. اجرا و پیاده‌سازی یک برنامه کامپیوتری تعاملی (فعل و انفعالی)، توسط YESSICS گزارش شده که به فراکتال برای تولید شدن در یک زمان یا در چندین افزایش، پس گشت، یا پیشرفت اجازه می دهد. همان طور که توسط YESSICS شرح داده شد:

- یک ساختمان، نوعاً باید مسئول و جوابگوی گوناگونی و تعدد فرایندهای مازاد بر احتیاج باشد.
- فرایند فراکتال باید، در صورت اجبار و لزوم، راهنمایی و هدایت بشود و تصفیه بشود. فرایند فراکتال باید توسط نیازمندی های سودمندگرای عاملیت های یک ساختمان، تغییر داده بشود.
- راهکار دیگری برای طرح تشریفاتی، تجزیه پذیری (مورفینگ) است. که شامل ۲ اصل مهم، درباره شکل معماری می شود: پایداری و تغییر. تجزیه‌پذیری (مورفینگ)، دقیقاً روش درست کردن شکل و ترکیب نیست چون که موضوع انتقال باید کامل بوده باشد(Tippett, J. 1993).



تصویر ۱. مطالعات روی فرایندهای فراکتال برای زیست‌شناسی (بوم‌شناسی) فرانکفورت توسط سی سیوس و پی ایسمن.

در مورد *«کاربست هندسه فراکتال در ساختار شهری»* باید گفت که کاربست اول به منظور مطالعه شکل شهر با بهره‌گیری از طرح‌ها و اجسام رایانه‌ای است و کاربست دوم نیز با اندازه‌گیری ابعاد اشکال و اجسام در شهرهای موجود در بستر شبیه‌سازی به صورتی دینامیک و یکپارچه است. در این رویکرد می‌توان سیستم شهری (سردار و آبرامس، ۱۳۷۹) را از دو روش مورد کنکاش قرار داد:

۱. «ثابت نگهداشتن اندازه و تغییر مقیاس»؛

۲. «ثابت نگهداشتن مقیاس و تغییر اندازه».

کارهای «مایکل بتی» استاد تحلیل و برنامه‌ریزی فضایی دانشگاه لندن نشانگر این نکته است که روابط کلیدی میان ابعاد فراکتالی شهر باعث می‌شود، بتوان میان جمعیت و تراکم شهری از یک‌سو و ابعاد خطی یا فضایی از سوی دیگر، ارتباط یا نوعی هم بستگی پیدا کرد که دارای روابطی به «شکل نموی»[۱] یا «شکل انباشتی»[۲] است. در طول یک انتقال، فقط روابط تغییر می کنند. هیچ المان جدیدی نمی‌تواند معرفی یا حذف بشود و هیچ‌چیزی نمی‌تواند از صحنه کم یا اضافه بشود. هر چند، توهم حرکت، که اغلب به عنوان «موسیقی یخ زده» شرح داده شده، یک مقدار بالای مربوط به معماری دارد که توضیح و نشان می‌دهد که طراحان نیروها باید به آن به عنوان «حجم‌های نارسایی و شکست»، «سطوح فشرده شده»، «فضاهای رسوخ و رخنه کردن»، یا «سطوح بهم ریخته و آشفته»، استناد و رجوع کنند. یک کشف پیشگام از تجزیه‌پذیری در معماری توسط «ترزیدیس» گزارش شده. بر طبق نظر او، یک شکل اولیه A می‌تواند به یک شکل هدف B با به کار بردن هر تعداد از گام‌های فی مابین، تبدیل بشود. کل نقاط شکل A، به شکل B نگاشت شده‌اند و برعکس. علاوه بر این،

---

۱ incremental

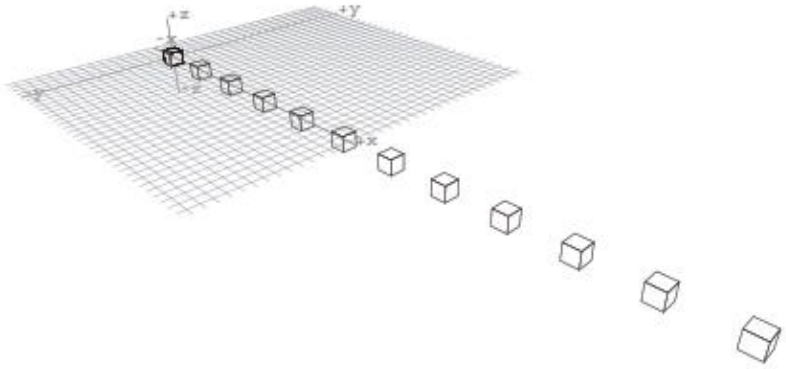
۲ cumulative

زمانی که قوانین انتقال ایجاد شده اند، این انتقال می تواند شروع به برون‌یابی ماوراء هدفش کند. در مقابل، برای به صورت خودکار دراوردن طرح یا تقویت طرح، شکل بر اساس طرح، مزیت اجازه به کاوش در داخل حالت‌های مخصوص شکل معماری را دارد.

۳-۵ تبدیل پی‌درپی (ترتیبی)

با استفاده از حلقه‌ها، اشیاء هندسی بیومورفیک، و تبدیل‌ها ما می توانیم اشیاء را با ایجاد وزن (آهنگ موزون)، تکرار یا پیشروی و حرکت، آن‌ها را پشت‌سر هم و به ترتیب قرار بدهیم. برای مثال، کد زیر، ۱۲ مکعب از نیم واحد را تولید خواهد کرد و آن‌ها را در فاصله برابر ۲ واحد در مسیر x قرار داده شود:

```
for($x=0; $x<12; $x++){polyCube –w 0.5 –d 0.5 –h 0.5;
move ($x*2)0 0;}
```



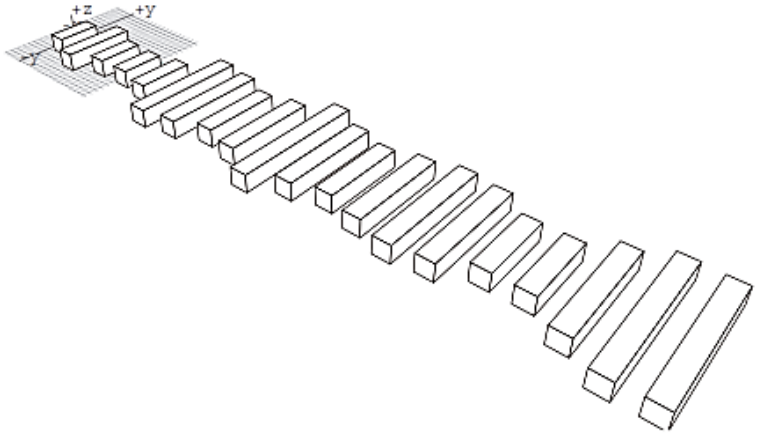
تصویر ۲. تکرار خطی؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

به همین‌ترتیب، کد زیر یک مجموعه از ۱۵ مکعب را تولید خواهد کرد، آن‌ها را در امتداد خط محور z مقیاس‌گذاری کنید (بسنجید)، آن‌ها را ۱ واحد مجزا حرکت دهید، و بطور پیش رونده‌ای آن‌ها را تا ۱۰ درجه در مسیر x بچرخانید:

```
for($x=0; $x<15; $x++){polyCube –w 1 –d 1 –h 1;
move($x) 0 0;
scale 0.5 0.5 5;
rotate($x*10) 0 0;}
```

ما همچنین می‌توانیم یک حالت تصادفی را در فرایند، با اضافه کردن (یا کم کردن) یک مقدار و ارزش به صورت تصادفی تولید شده، معرفی شود. برای مثال، کد زیر، ۲۰ مکعب پشت سرهم را ایجاد خواهد کرد که ارتفاعش، تصادفی خواهد بود:

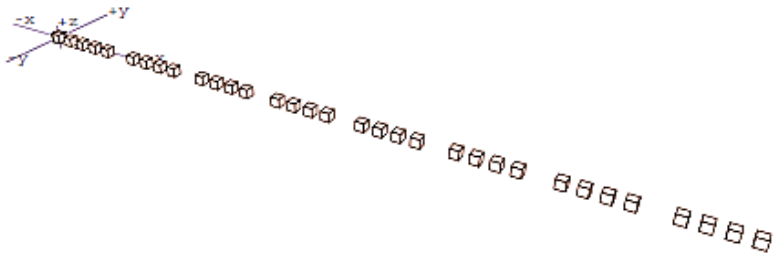
```
for($x=0; $x<15; $x++){$r=rand(-3, 3);
polyCube) –w 1 –d 1 –h(5+$r);
move($x*2) 0 0;}
```



تصویر ۳. تغییرات (نوسانات) مقیاس گذاری؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

عملیات باقی مانده (٪) می‌تواند همچنین برای ایجاد تکرار در فواصل متغیر، استفاده بشود. چون که باقی مانده تقسیم هر عدد به یک مقسوم علیه، همیشه برابر صفر خواهد بود اگر مقسوم علیه، به درستی تقسیم شده باشد. ما می‌توانیم از این ویژگی برای ایجاد ریتم و آهنگ موزون، استفاده کنیم. برای مثال:

```
for($x=0; $x<40; $x++){if($x%5==0)continue;
polyCube –w 1 –d 1 –h 1;
move($x*2) 0 0;}
```



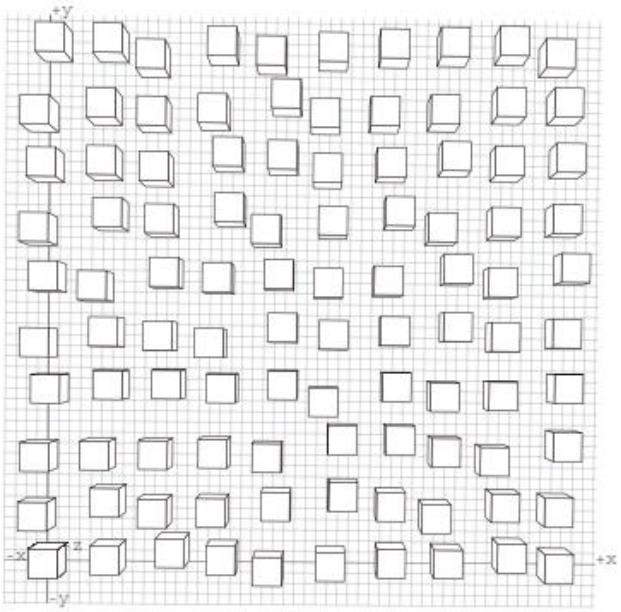
تصویر ۴. پیشروی فاصله دار (متناوب)؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

یکبار از روی هر ۵ مکعب، خواهد پرید. زیرا باقیمانده تقسیم $x با ۵ برابر صفر است هر زمانی که $x، مضرب ۵ باشد. حلقه‌ها می‌توانند در یک مسیر و بلکه همچنین در ۲ یا ۳ مسیر واقع شوند (اتفاق بیفتند). برای مثال: کد زیر:

```
for($y=0; $y<10; $y++){for($x<10; $sx++)
{polyCube –w 1 –d 1 –h 1;
move($x*2) ($x*2) 0;}
```

یک مجموعه از ردیف‌های مکعب را در مسیر x تولید خواهد کرد (همان‌طورکه در حلقه x داخلی دیدید) و سپس توالی‌هایی از ردیف‌ها را در مسیر y تولید خواهد کرد (همان‌طورکه در حلقه y خروجی دیدید).

فرمان rand($min,$max)، یک عدد تصادفی بین $max,$min را ایجاد خواهد کرد. برای مثال:
$r=rand(-5, 5)



تصویر ۴. یک اختلال (آشفتگی) تصادفی از یک شبکه دو بعدی؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

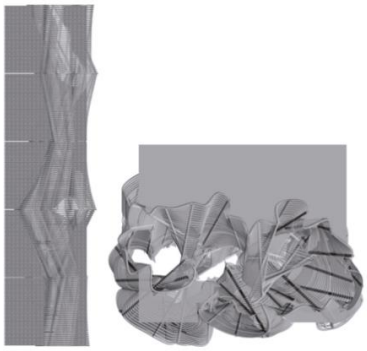
مقدار حالت تصادفی (پیشامد) اضافه شده به یک طرح معمولی، می تواند برای ایجاد یک ترکیب متعادل از نظم و بی نظمی، به قدر کافی، دقیق باشد.

۳-۶ بایوس‌ها (سیستم اساسی ورودی و خروجی بایوس)

در زیست‌شناسی، یک انگل، یک ارگانیسم است که رشد می‌کند، تغذیه می‌کند و پناه گرفته و حفظ می‌شود درحالی‌که به هیچ چیزی برای بقاء مهمانش، کمک نمی‌کند. آن در بافت زنده یک ارگانیسم مهمان، زندگی می‌کند (به هزینه آن). تعامل زیستی بین مهمان و انگل، یک نوع همزیستی است که در آن دو (یا بیشتر) ارگانیسم از انواع مختلف، در نزدیک همدیگر زندگی می‌کنند که در آنجا (آن مجاورت)، یک عضو برای حفاظت از آن و یا کارهای دیگر زندگی‌اش، به عضو دیگر وابسته است. عضو وابسته (انگل)، از این رابطه سود می‌برد، در حالی‌که دیگری (مهمان)، از آن ضرر و زیان می‌بیند (Salingros N., 2003).

تصویر ۵. یک مکعب (مهمان) گرفته شده توسط انواع مختلف ساخت‌ها و آرایش‌های انگلی؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

در شکل ۷ یک فراکتال بر اساس شکل جامد از یک پشته‌ای از مکعب‌های ایجادکننده یک فضای خالی، کم شده است. سطح مرزی، برای استخراج منحنی های ساخت استفاده شده که در آنجا به عنوان جرزها، مرئی و مشخص می‌شود.



تصویر ۶. ارتفاع و دید از بالا؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

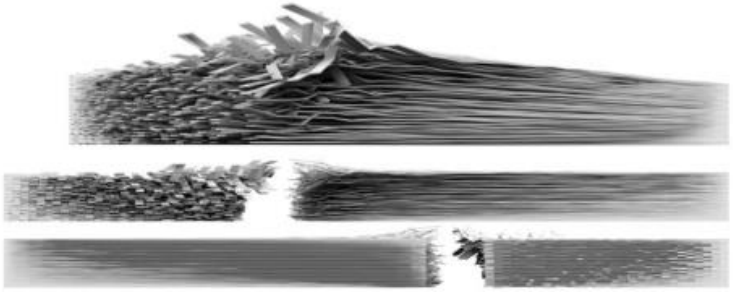
یکی از تفاوت‌های اساسی تجزیه‌پذیری و تفکیک (همان طور که آن با تغییر شکل مقایسه می‌شود)، در دو گانگی هویت و ماهیتش است. تغییر شکل، به عنوان یک تغییر نسبت به یک حالت اولیه، فهمیده و درک شده است. به عنوان یک نقطه مرجع، یک طرح اولیه، نیاز به بر آورد درجه تغییر شکلش دارد. هرچند همان‌طور که در تغییر شکل، مقاومت و پایداری می کند، شکل به یک آستانه‌ای ماوراء جایی که آن غیر قابل تشخیص می شود، می‌رسد (بدین معنی است که رابطه آن با طرح و نمونه اولیه اساسی اش، غیر ممکن است). که آن یک حالت تجزیه پذیری و تفکیک نیست. این ویژگی وابسته به نیاکان، خیلی مهم است. به طوری که آن یک ابزاری از بیان تغییر در سر تا سر شکل خودش می شود. دوگانگی ماهیتش یک طرح ترکیبی بی‌نظیر و یگانگی طرح شکل ترکیبی است.

۴- بیان یافته‌های تحقیق

۴-۱ عملیات بولی

عملیات بولی هندسی برای مفصل صحبت کردن درباره حضور یا غیاب مواد اساسی و اصلی، استفاده شده اند. از لحاظ تئوری (نظری)، ۳ عملیات بولی وجود دارد: OR، AND و NOT که متناظر و

مشابه با عملیات منطقی است. هر چند در زمینه اشیاء جامد، این عملیات، متناظر با اتحاد، اشتراک و اختلاف می‌باشند. در حالی که مینیمم عملوندها برای این عملیات، همیشه دو ترکیب یا کاربرد تکراری عملکردها هستند می‌تواند به شکل‌های پیچیده‌ای نتیجه بدهد.



تصویر ۷. نظم و حالت تصادفی؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

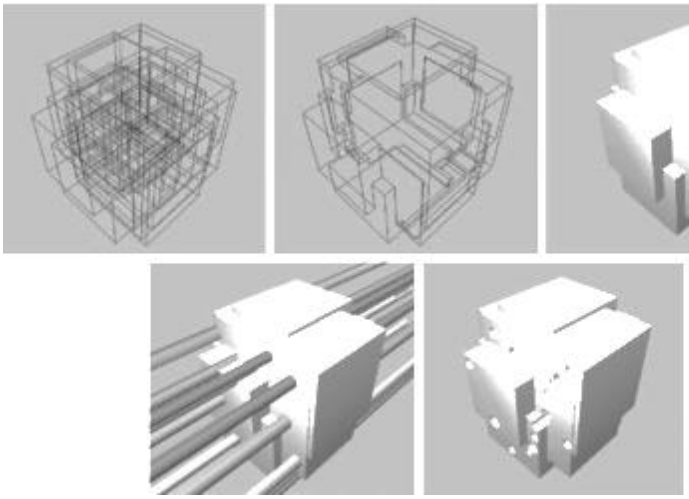
تصویر ۸ دورنما و چشم انداز به هم ریخته شده و آشفته؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

به طور سنتی، معماران، یک منطق پیشروی جمع شونده را در طول فرایند طرح، حفظ می‌کنند. بخاطر ماهیت و طبیعت ساختگی طرح، معماران به طور سنتی، از یک راهکار پایین به بالا استفاده می کنند که در آنجا المان‌ها و عناصر در داخل اشیاء، ساخته شده اند (بکار رفته اند) و اشیاء نیز در گروههایی برای تشکیل ساختارها، سیستم‌ها و ساختمان‌ها. برای مثال، لاکوو چرنیکوو و دیگر سازندگان، ترکیب اشکال را با استفاده از مفاهیم اساسی از ترکیبات سازنده ای مثل: ترکیب، جمع-آوری و مونتاژ و نفوذ، یکپارچه سازی و کوپلینگ، بهم پیچیدن و غیره هم به صورت دینامیکی و هم استاتیکی این مفاهیم، از یک زبان طرح بولی تشکیل دادند که مزایای ادغام اشکال به یک روش آشنا به معماری (ساختار) را دارد. کد زیر، یک روش ساده را برای اتصال (اتحاد) چندین شیء و برای اختلاف یک شیء از چندین شیء ایجاد کننده سوراخ‌ها یا طاقچه‌ها (تورفتگی‌های دیوار)، نشان می‌دهد.

```
} //for i


polyBoolOp -op 1 -name MyResult1 MyObject0 MyObject1; //union the first two objects

for($next=2; $next <20; $next++){ // go for the rest
        $obj_next = "MyObject" + $next; //define the next object
        $previous = $next - 1;
        $obj_previous = "MyResult" + $previous;
        $result = "MyResult" + $next; //define the previous object
        polyBoolOp -op 1 -name $result $obj_previous $obj_next; //union the previous with the next
}// for next

        rename MyResult19 MyResult0; //rename the object to start the difference process

        for ($i=0; $i<20; $i++) { //for 30 objects to be differences (i.e. holes)
                //create a cylinder to be used for subtraction (difference)
                polyCylinder -n ("MyCylinder" + $i) -h (rand(8,9)) -r (rand (.05,.1));
                move (rand(-1,1)) (rand(-1,1)) (rand(-1,1)); //move anywhere within the target body
                //subtract (difference) the previous with the next
                eval ("polyBoolOp -op 2 -n MyResult" + ($i +1) + "MyResult" + $i + "MyCylinder" + $i);
        }; //for i
```

خط اول کد، از فرمان جستجو و پیگرد (SEED) استفاده می‌کند که یک ردیف از اعداد تصادفی را مقداردهی اولیه می‌کند. جمله و عبارت، انتخابی است و باید برای تولید دقیقاً همان اثر از ردیف‌ها و توالی‌های تصادفی، استفاده بشود. خط‌های ۳ و ۸ توصیف و شرح ایجاد ۲۰ مکعب از اشکال مختلف هستند که یکی، دیگری را همپوشانی می‌کند. در خط ۱۱ ما از ۲ شیء اول، اتحاد می‌گیریم (MYobject0و MYobject1) و یک شیء ترکیبی به نام MYRESULT1 را ایجاد می‌کنیم. سپس ما از طریق بقیه اشیاء (۲ تا ۲۰) ، برای اتحاد هر شیء با دیگری، حلقه می‌زنیم. در هر گام، ما یک شیء برایند (حاصل) به نام MYRESULT را ایجاد می‌کنیم که به عنوان شیء قبلی، استفاده شده است. در خط ۲۱، ما آخرین و تنها شیء در صحنه را که نتیجه اتحاد ترکیبی است را مجددا نامگذاری می‌کنیم و ما آن را MYRESULT0 می‌نامیم. این شیء، به عنوان یک هدف برای عملیات اختلاف (تفاوت)، استفاده خواهد شد. ما ۲۰ بار حلقه می‌زنیم و سیلندرهای (استوانه‌های) طولانی ایجاد می‌کنیم و طوری آنها را پراکنده می‌سازیم که آنها بتوانند در سرتاسر شیء هدف MYRESULT0، نفوذ و رسوخ کنند. سپس ما هر سیلندر را از شیء هدف کم می‌کنیم و سپس از شیء ایجاد شده جدید برای تفریق از آن دوباره، استفاده می‌کنیم. نتایج این عملیات در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده‌اند. به‌همین ترتیب، یک مجموعه از کره‌ها می توانند از مکعب تفریق شوند

یا یک مجموعه از مکعب‌ها می‌توانند از یک سیلندر (استوانه)، کم شوند. (تفریق شوند). مادامی که اشیاء اصلی، تفریق و بنابراین حذف شده اند، وجودشان بواسطه قالب و الگویی که نبودشان را منعکس می سازد، مرئی و قابل دید است. غایب بودن (نبودن)، حالت حضور نداشتن می باشد.

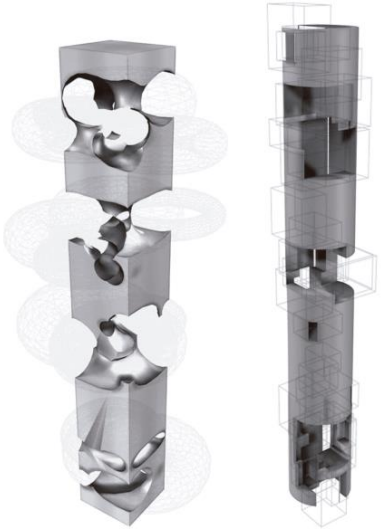


نشـــریـه علمی بوطیقـای معماری، سال ۲، شماره ۷

تصویر ۹ و ۱۰. اتصال چندین مکعب (بالا) و تفریق از چندین استوانه (پایین)؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

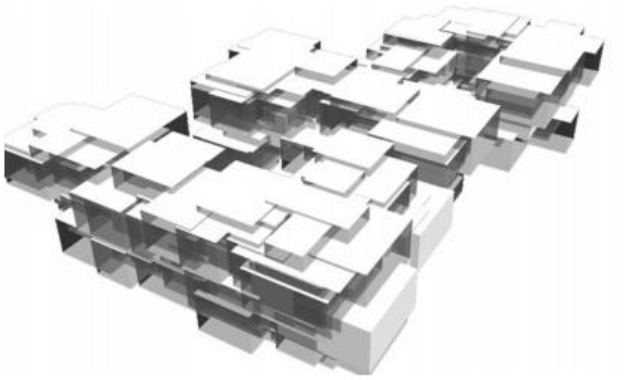
۲-۴ تحقیق و جستجوی تصادفی

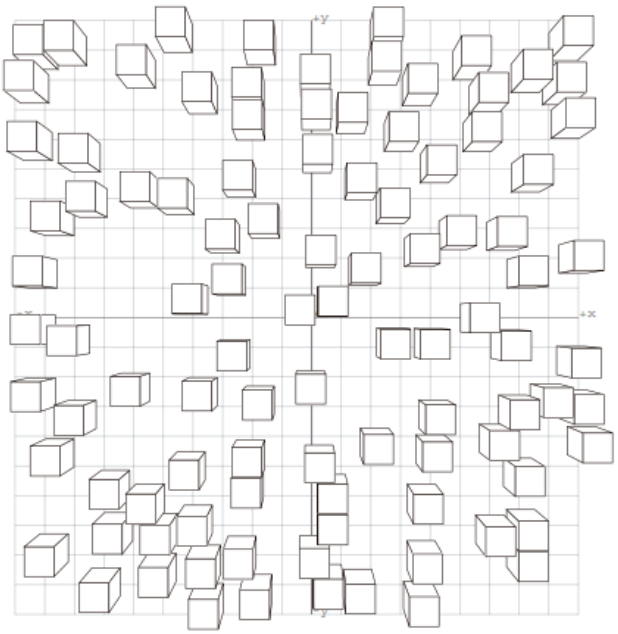
یک تحقیق و جستجوی تصادفی در اینجا به عنوان یک تحقیق و جستجوی تصادفی در فضا، تعریف شده تا وقتی که به یک شرط معلوم و معینی بربخورد. برای نمونه، جا دادن اسباب بازی ها در یک بازی قلم به طوری که هر اسباب بازی، دیگری را هم پوشانی نکند و آن‌ها در محدوده های بازی قلم، قرار داده شده باشند تا بتوانند با یک جستجوی تصادفی، مدنظر قرار بگیرند و آدرس دهی شوند. الگوریتم به صورت زیر کار می‌کند:



تصویر ۱۱. اشیاء تفریق (کم) شده بواسطه نبود و غیبتشان، هنوز موجودند؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

این الگوریتم می‌تواند از قرار دادن اشـــیاء در درون یک مکانی اســـتفاده کند که در آنجا هیچ همپوشانی وجود ندارد (یا بعضی از ملاک‌های دیگر که ارضا و متقاعدکننده هستند). در کد زیر، یک مجموعه از ۱۰۰ مکعب در درون یک مســـاحت ۱۰×۱۰، قرار گرفته اســـت. الگوریتم با یک حلقه بیرونی شـروع می شـود که در آنجا ۱۰۰ مکعب قرار گرفته اند. ابتدا، هر مکعب به صـورت پشـــت ســـر هم مـانند: MyCube0, MyCube1, MyCube2, و غیره نامگذاری شـده اسـت. و سپس ایجاد شده است (خطوط ۳ و ۴). یک رنج و دسته، مانند ۱۰ تعریف شـده اسـت و یک شمارشگر $sv که برای استفاده آتی بـه منظور جلوگیری از حلقه‌های نامحدود که در اینجا شیر ایمنی نامیده شده است، مقداردهی اولیه شده است. سپس در خطوط ۹ و ۱۰، ما موقعیت‌های تصـــادفی و x و y را بین میزان‌های منفی و مثبت ایجاد می‌کنیم. چنانچه پرچم، غلط تنظیم بشـــود، بعدها برای تعیین این که آیا یک همپوشـــانی وجود دارد یا نه؟ استفاده خواهد شد. حالا ما نیاز به برگشت به حلقه بواسطه کل اشیائی داریم که قبلا ایجاد شده اند. بنابراین ما نام هر مکعب قبلی را بدست می‌آوریم و از آن برای استخراج مقدار و ارزش انتقالی در هم xو هم y اســـتفاده می کنیم و ما از آن برای تعیین فاصـــله بین قبلی و مورد نظر (نامزد)، اســـتفاده می‌کنیم. به عبارت دیگر، با ارائه یک موقعیت تصـــادفی، ما نیاز به تعیین این داریم که آیا تثبیت موقعیت (موقعیت یابی) یک مکعب، هر یک از مکعب‌های قبلی را پوشش خواهد داد یا نه؟ البته، این الگوریتم می‌تواند برای اجازه به همپوشانی‌ها توسط نقض (برعکس کردن) منطق، اصلاح و تنظیم بشود. یا شرایط برای قرارگیری و جا سازی می‌تواند بقدری پیچیده بشود که آنها بتوانند شرایط ساختاری مختلف را متقاعد و جبران کنند (فضای عمومی، در معرض آفتاب بودن، پوشش منطقه‌ای).





تصویر ۱۲. توسعه چارچوب که از تحقیق تصادفی برای تعیین موقعیت واحدهای آن استفاده می‌کند؛ ماخذ: نگارندگان.

۴-۳ گرامرهای شکلی فراکتال‌ها

یک فراکتال، یک شیء هندسی تولیدشده توسط یک طرح تکراری در یک پروسه تکراری یا بازگشتی است. معمولاً شکل برایند می‌تواند به قسمت‌هایی تقسیم بشود که هر یک مشابه با شکل اصلی است. گفته شده که فراکتال‌ها جزئیات نامحدودی را در خود دارند. بعضی از آن‌ها ساختار خود شباهتی دارند که در سطوح مختلف بزرگ نمائی، اتفاق می‌افتند. اصطلاح فراکتال در سال ۱۹۷۵ توسط بنویت ماندلبورت اختراع شد. کلمه fractus و broken، لاتین هستند. در یک فرایند فراکتال، حداقل دو شکل وجود دارد: یک پایه و یک مولد: در هر تکرار، ژنراتور (مولد)، جایگزین هر بخش از شکل پایه می‌شود. از لحاظ تئوری، این فرایند به صورت نامحدودی ادامه پیدا می‌کند. الگوریتم برای ایجاد فراکتال ها، متشکل از یک روش پایه است که یک شکل را بین دو نقطه، تجهیز و جاسازی می کند. فرایند اتصال (سوارکردن)، شامل: سنجش، چرخش و انتقال مولد برای تجهیز بین دو نقطه از یک بخش پایه است. کد زیر، روش را نشان می‌دهد:

```
1 proc fit (vector $start, vector $end, vector $shape[]){
2
3         // make a curve out of the array points in shape[]
4         string $points = “”; //create an empty string
5         $point = $shape[0]; //get the first point
6
7         for($i=0; $i<size($shape); $i++){       //for all points of the shape
8                 $point = $shape[($i)];       //extract a point
9                 $points += “ -p “ + $point;  //add it to the string
10        }
11        eval(“curve -d 1 “ + $points);  //create a curve out of the input points
          in $shape[]
12
13        //scale to fit
14        $temp_end = $end - $start;    // move the points to the origin
15        float $mag = mag($temp_end);  // get the magnitude of their length
16        float $amag = mag($point);    // get the magnitude of the length of the
          base segment
17        float $scale_factor = $mag/$amag; //get the scaling factor
18        scale $scale_factor $scale_factor $scale_factor;// scale
19
20        //rotate to fit
21        float $anglex = atan2d($temp_end.y,$temp_end.x); //atan2d gives the
          angle
22        rotate 0 0 $anglex;// rotate       //from the origin to a point
23
24        //move to fit
25        move ($start.x) ($start.y) ($start.z); // move back to the original location
26
27        refresh; //refresh the screen to see the replacement as it happens
28 } //procedure end
```


روش تجهیز کردن، به عنوان ورودی، یک نقطه به نام $start را می‌گیرد و یک نقطه به نام $end را و یک آرایه از نقاطی که تجهیز شدن شکل را تعریف می‌کند. هر نقطه در اینجا به عنوان یک بردار (حامل) تعریف شده است. یک حامل، یک نوع دیتا است که محتوی سه عدد شناور برای x، y و z می‌باشد که می‌تواند با استفاده از عملگر dot(نقطه) استخراج بشود. برای یک بردار (حامل) به نام $start ما داریم: $x=$start.x; $y=$start.y; and $z=$start.z.

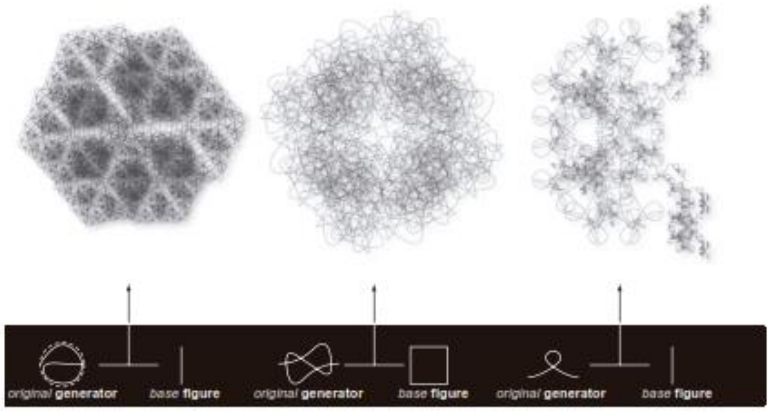
ابتدا ما یک ردیف خالی را برای پر شـــدن با نقاطی که در تعریف یک منحنی، خواهد آمد ایجاد می‌کنیم. در خط ۵، ما اولین نقطه از شکل ورودی را ا ستخراج می‌کنیم (برای ا ستفاده آتی در خط ۱۶). ســپس ما از طریق کل نقاط شــکل ورودی، حلقه تشــکیل می‌دهیم و هر نقطه را اســتخراج می‌کنیم و آنها را در داخل متغیر $point می‌ریزیم و هر نقطه را به ردیف $point، می‌چســبانیم (خطوط ۸ و ۹). اندازه فرمان () در اینجا برای ا ستخراج آرایه $shape ا ستفاده شده ا ست. بعد از این که حلقه تشکیل شد، ما یک منحنی تک بعدی را ایجاد می کنیم. (چند خطی). این یک شکل ژنراتور (مولد) است که بین نقاط $start و $end، تجهیز و جاسازی خواهد شد. دوم، ما منحنی را برای تجهیز شدن بین دو نقطه می سنجیم. در خط ۱۴ ما شروع را از پایان کم کردیم. بنابراین برای تجهیز و متناسب شدن با اصلش، این فاصله را به (۰،۰،۰) رساندیم. سپس ما بزرگی شکاف بعلاوه

بزرگی طول منحنی را برای تجهیز کردن، بدست آوردیم. ما ۲ بزرگی (مقدار) مربوط به یک فاکتور را برای سنجش و اندازه‌گیری، به هم تقسیم کردیم. ما از آن فاکتور برای سنجش منحنی، استفاده می‌کنیم. سپس ما منحنی را با یک زاویه‌ای چرخاندیم. این زاویه، در مسیر نقطه انتهایی، هدف گیری شده (قرار دارد). فرمان atan2d استناد و

```
1   global proc fractal(){
2
3       vector $generator[]; //make an array for the generator
4       $generator = getPoints("curve1"); //populate the array with the curve1
        (generator) points
5       vector $base[]; //make an array for the base
6
7     string $list[];
8     $list = eval("ls -transforms \"curve*\""); //returns an array with the names of
9                                   //all objects in the scene that match the
                                    word "curve"
10
11    for($j = 1; $j<size($list); $j++){ //we start at 1 because 0 is the generator
12            $base_name = $list[($j)];
13
14            $base = getPoints($base_name); //get the points
```

رجوع می‌کند به زاویه از اصل و مبدا به یک نقطه. در این حالت، نقطه، نقطه انتهایی $temp end را متعادل و جابجا می کند. در نهایت، ما نقطه را به موقعیت اصلی اش بر می‌گردانیم (فرمان تجدید در اینجا به عنوان یک اثری استفاده شده که ما می‌توانیم جایگزینی اتفاق افتاده را ببینیم). روش بعدی، روش اصلی است که در آنجا از عملیات فراکتال استفاده شده: (معرف و شناسه global به آن برای فراخوانده شدن از هر جایی و در هر زمانی اجازه می‌دهد). روش فراکتال با تعریف دو آرایه اصلی شروع می شود: مولد و پایه که در آنجا نقاط با شکل مولد و پایه به ترتیب ذخیره خواهند شد. در خط ۴، یک روش به نام getpoints که فراخوانی شده است، نقاط را از یک شکل، استخراج خواهد کرد و آنها را در یک آرایه، قرار خواهد داد. (این روش، بعدا تعریف خواهد شد). در این نقطه، ما فرض می‌کنیم که ما دو منحنی (تک بعدی) ایجاد کردیم که با نام های فرضی و قراردادی curve1(مولد) و curve2(پایه)، نامگذاری شده اند. مهم است که مولد، از مبدا شروع بشود و این که محور yرو به بالا باشد. در خط ۸، ما از این فرمان برای استخراج کل اشیاء در صحنه که انحناء را تطبیق می‌دهد استفاده می‌کنیم. این منحنی‌ها، با ژنراتور (مولد)، جایگزین خواهند شد. بنابراین در خط ۱۱، ما در سرتاسر کل منحنی‌ها، بجز منحنی اول، حلقه می‌زنیم (چون که اولی یک ژنراتور و مولد است). ما نامشان را استخراج می‌کنیم و آنها را در یک آرایه‌ای به نام $base قرار می‌دهیم. زمانی که ما در حال انجام این کار هستیم، ما شکل پایه را حذف می‌کنیم. زیرا دیگر به آن احتیاجی نیست. سپس ما در سرتاسر کل نقاط هر بخش از شکل پایه، حلقه می‌زنیم و آن را با مولد، جایگزین می‌کنیم (خط ۲۰). روش بعدی، نقاط یک منحنی معلوم و معین را استخراج می‌کند و آنها را در داخل یک آرایه‌ای قرار می‌دهد که سپس آن به عنوان یک آرایه از بردارها (حامل‌ها)، برگشت داده می شود. ابتدا، تعداد نقاط (محدوده ها)، نیاز به استخراج شدن دارند. ما از فرمان getAttr برای استخراج تعداد محدوده‌ها (جفت‌ها) (خط ۴)

ا ستفاده می کنیم. سپس ما در سرتا سر کل محدوده‌ها (جفت‌ها) برای ا ستخراج موقعیت هر نقطه کنترلی، حلقه می زنیم. ما این مختصـات را در داخل یک آرایه حامل (بردار) قرار می‌دهیم و آن را برگشت می‌زنیم. در زیر، چند مثال هستند که از فراکتال‌ها استفاده می‌کنند:



تصویر ۱۳. فراکتال‌ها با منحنی‌ها؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

۵- نتیجه‌گیری و جمعبندی

اصطلاح الگوریتم اغلب به پیچیدگی، وابسته است؛ درحالی که هدف یا نتیجه یک الگوریتم ممکن است پیچیده باشد یا نباشد و خود استراتژی الگوریتمی، ضرورتاً از آن پیچیدگی تبعیت نمی‌کند. در علم ریاضی، یک تمرین معمولی این است که یک فرمول ساده، خروجی های بی‌نهایت پیچیده ای را تولید کند. برای نمونه، خود هرج و مرج و آشفتگی، مطالعه درباره این است که: *چطور سیستم‌های ساده می‌توانند رفتار پیچیده‌ای را تولید کنند؟* در مثال‌های مقاله برای ایجاد ساختارهای پیچیده، معانی ساده‌ای بکار برده شده است و استراتژی‌های طرح بر اساس الگوریتم‌های تکراری و تصادفی انتخاب شده‌اند، درحالی‌که الگوریتم‌های جهانی و انتزاعی، درجات مختلفی از عدم قطعیت را در تشکیل ساختار نهائی‌شان نمایش می‌دهند. تکرار الگوریتم فرم‌یابی در معماری، یک فرایندی است که عملکرد یک فرم یا شکل آن فرم معماری یا خالص هندسی (مثلاً مربع یا دایره) در آنجا تکرار شده است. آن الگوریتم با اجرای همان مجموعه از دستورالعمل‌ها، احضار و به آن استناد شده (در یک تعداد زمان مشخص) تا موقعی که یک نتیجه بخصوصی در حوزه فرم‌یابی بیوفیلیک برخواسته از فرم‌های طبیعت یا (انگل‌واره ها) بدست بیاید. در معماری، تکرار به عنوان یک وسیله مرتب‌سازی (سفارش‌دهی) بکار رفته که طرح‌های تکراری را بواسطه برنامه‌نویسی الگوریتمی تولید می‌کند. چنین طرح‌هایی، وجود و حضور حرکت، تغییر یا پیشروی را به عنوان یک احساس و برداشت بصری در فرم‌یابی معماری پیشنهاد و ارائه می‌دهند. یک ساختار الگوریتمی مبهم، از زمینه‌ها و حوزه‌هایی برای ایجاد شفافیت، متفاوت از استواری‌اش در سازه بلکه انعطاف‌پذیری‌اش در فرم استفاده می‌کند و در همان زمان، توانایی برای پوشش درونی‌اش دارد (بواسطه تکرار چرخشی).

(*) اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است. (تعارض منافع به حالتی گفته می‌شود که منافع شخصی مادی یا غیرمادی نویسنده یا نویسندگان با نتایج پژوهش در تعارض باشد و این موضوع بر روند انجام پژوهش یا اعلام صادقانهٔ نتایج تأثیر بگذارد).

۶- منابع و ماخذ

۱- بتی، ادواردز (۱۳۸۷) طراحی با سمت راست مغز (خلّاقیت) ترجمه عربعلی شروه، تهران، انتشارات مارلیک.

۲- بوویل، کارل (۱۳۸۶) هندسه فرکتال در معماری و طراحی. ترجمه فلاح و گنجویی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳- خاک زند، مهدی و امیر احمد احمدی (۱۳۸۶) نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری، نشریه باغ نظر، شماره ۸

۴- رضا سلطانی، منصوره (۱۳۷۹) نظریه‌ای در توسعه فرکتال بر معماری، معماری و فرهنگ، سال پنجم، شماره ۱۷.

۵- سالیگاروس، نیکوس (۱۳۸۷) یک نظریه معماری، ترجمه سعید زرین‌مهر و زهیر متکی، تهران، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.

۶- سردار، ضیا الدین و ایوانا آبرامس (۱۳۷۹) آشوب: قدم اول، ترجمه آرام قریب، تهران، انتشارات شیرازه.

۷- کالینز، پیتر (۱۳۷۵) دگرگونی آرمانها در معماری مدرن، ترجمه حسن حسن پور، نشر قطره.

۸- مندلبروت، بنوا (۱۳۷۰) هندسه برخالها، توصیفگر طبیعت، ترجمه باقری، مجله دانشمند، شماره ۱۰.

9- Batty M., Longley P. 1994, *Fractal Cities*. London, Academic Press, 1994.

10- Debnath L. 2006. A brief historical introduction to fractals and fractal geometry. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, Vol. 37, No. 1, 2006, 29–50.

11- Lange, E., Hehl-Lange, S., Brewer, M.J., 2007. *Scenario-visualization for the assessment of perceived green space qualities at the urban–rural*... Journal of Environmental Management, doi: 10.1016/j. jenvman. 2007.01.061

12- Mollison, B. 1988. *Permaculture, a Designer's Manual, Tagari Publications*. Tyalgum, Australia.

13- Razin, Eran and Shlomo Hasson, 1994. *Urban-Rural Boundary Conflicts: the Reshaping of Israel's Rural Map. Journul of Rum1 Studies,* Vol. 10, No. I, pp. 47-59, 1994

14- Salingros N., 2003. *Connecting the Fractal City*, Keynote speech, 5th Biennal of towns and town planners in Europe, Barcelona, April 2003.

15- Sullivan, William C, Olin M. Anderson, Sarah Taylor Lovell. 2004. *Agricultural buffers at the rural–urban fringe: an examination of approval by farmers, residents, and academics in the Midwestern United States. Landscape and Urban Planning 69 (2004) 299–313*

16- Mandelbrot, Cécile and Pumain, Denise. 2007. *Fractals in urban geography : à theoretical outline and an empirical example*. Fractales et géographie urbaine : aperçu théorique et application pratique. article 307

17- Tippett, J. 1993, *Permaculture and Wholeness, the Nature of Order and our Order within Nature*. Department of Independent Studies. Lancaster University. Alan Holland.

18- Tippett, Joanne, 1994. *A Pattern Language of Sustainability Ecological design and Permaculture*. Department of Independent Studies. Lancaster University. Alan Holla

چـــــکیده لاتیـــــــــن

Parmis Naseri
Adnan Dabaghi
Mohamad Shabani

Explaining the algorithmic programming model of form grammars and biomorphic architecture formation with emphasis on fractal structure

Abstract

Mandelbrot fractal geometry has the ability to describe a flow of details observed in natural forms. One of the main features that fractal geometry tells us about nature is that nature is not flat. On the other hand, in recent architectural discussions, the concepts of animal biology and "biomorphic" are often identified with architecture consisting of irregular shapes and curves. Biomorphic shape grammars can be accompanied by algorithmic language designs and thus explain and show important sentences that may be produced by architectural design languages of natural forms. The descriptive research method is an analysis that uses the data tools of documentary studies and CAD drawing method and Visual Basic 2 algorithm writing. The research findings show that although shape grammars are based on a defined set of rules, they have been widely used to produce biomorphic architectural plans, diagrams and morphological volume overviews. And an interesting type of shape grammars is fractal generative systems; According to a plan developed by the German mathematician von Koch, a fractal process consists of a primary form (base) and one or more generators.

Key words: *Algorithm, shape-finding grammar, biomorphic architecture, fractal structure.*