فرهنگ و زیست فناوری معماری

نشریه علمی فرهنگ و زیست‌فناوری معماری

تابستان ۱۴۰۲، سال ۳، پیاپی ۹

بررسی طراحی مولد با رویکرد هندسی طبیعت در معماری بیومیمتیک؛ موردپژوهی: بنفشه ایرانی

زمان دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲۱، زمان پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۱، زمان انتشار: ۱۴۰۲/۵/۲۲

دکتر فریبا آرامش[۱]- دستیار آموزشی، دانشکده طراحی محیط، دانشگاه دلفت، هلند.

دکتر زف همل- استاد تمام بازسازی فضایی، دانشکده طراحی محیط، دانشگاه دلفت، هلند.

دکتر عمر عبدُل‌الکاوی- استاد تمام گروه معماری، دانشگاه آمریکایی قاهره، قاهره، مصر.

چکیده

امروزه توسعه معماری و فرم‌یابی مبتنی بر اشکال هندسی موجود در طبیعت، و اجرای آن‌ها در راه‌حل‌های طراحی با کمک فن‌آوری کامپیوتری دیجیتال که امکان استفاده از مدل‌های مولد را فراهم کرده است، درحال گسترش است. این پژوهش یک کاوش اولیه از فرم‌های طبیعی با الگوبرداری از طبیعت در معماری بیومیمتیکس ارائه می‌کند که در الگوهای هندسی منتج از طبیعت جریان یافته و مبنایی برای تحقیقات بیشتر فراهم کرده که ممکن است در طراحی معماری مولد مورد استفاده شود. رویکرد بیومیمتیک استانداردهای جدیدی را در طراحی مولد تعیین می‌کند که از طریق شکل گل لوتوس که به‌عنوان نمونه، تمام خصوصیات ناشی از این پیوندها، و تأثیر زیبایی‌شناختی در درجه اول مبتنی بر هماهنگی و تناسب کامل عناصر به دنبال ثبات، استحکام و قدرت این است. روش تحقیق «توصیفی و تحلیلی» است که در بخش عملی با نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی دیجیتال معماری یک گونه بومی گیاهی در ایران را تحلیل و با استفاده از روش‌های مدل‌سازی پارامتریک و طرح‌های آزمایشی نمایش داده شده با استفاده از «نمودارهای وورونی» به یه هندسه مولد منتج از الگوبرداری از فرم گل می‌انجامد و می‌تواند بعنوان یک نمونه عملی در مولدسازی معماری بشمار رود.

واژگان کلیدی: بیومیمتیک، هندسه، طرح مولد، فرم گل بنفشه ایرانی.

[۱] مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۶۳۶۰۴۰۳۷، رایانامه:arianmehr78@yahoo.com

کوهساران همی ندا سردادند و درختان بلوط نیز که آه و صد افسوس برای آدونیس. او درگذشت و پژواک در پاسخ گریست و ناله سر کرد. آه و صد افسوس برای آدونیس و نیز برای الهگان عشق و الهام، که مرگ وی را به سوگ نشستند (ادیث همیلتون بنقل از آنتونیادس، ۱۳۸۱، ص ۴۰۲).

۱. مقدمه و بیان مساله

طبیعت منبعی الهام‌بخش برای نوآوری جدید و پتانسیل ایجاد یک محیط ساخته شده پایدار است. کاربرد گسترده و کاربردی زیست‌الگوسازی به‌عنوان یک روش طراحی تا حد زیادی مبهم باقی می‌ماند. اگرچه اشکال مختلفی از طراحی «زیست‌الگوسازی» یا «زیست‌الهام» (*bio-inspired*) از سوی محققان و متخصصان در زمینه معماری پایدار مورد بحث قرار گرفته، کاربرد گسترده و کاربردی زیست‌الگوسازی به عنوان یک روش طراحی معماری تا حد زیادی غیرقابل تحقق است، همانطور که با تعداد کم مطالعات موردی سازه نشان داده است، یعنی طراحی باید به علم طبیعت، نه فقط ظاهر آن آگاهی داشته باشد. طراحی درنتیجه تأثیرات مختلف، نیازها، شرایط محیطی و تأیید شخصی خالق رخ می‌دهد. با این‌حال، اگر الهام‌بخش طراحی ناشی از طبیعت باشد، اشاره و درک اهمیت چنین راه‌حل‌هایی حائز اهمیت است، زیرا آن‌ها به تکامل مفهوم بیومیمتیک منجر می‌شوند. طبیعت یک منبع الهام بوده و راه‌حلی تقریباً غیرقابل انکار ارائه می دهد و بیومیمتیک یک ابزار طراحی غنی است که فرآیندها و فرم‌های طبیعی را تفسیر می‌کند و آن‌ها را به مخلوقات مصنوعی منتقل می‌کند (Gruber, 2011). رویکرد بیومیمتیک موجودیت‌های ثابتی مانند فرم، عملکرد، ساختار و مواد را از هم جدا نمی‌کند، بلکه آن‌ها را به عنوان یک ترکیب نیمه‌آلی تعریف می‌کند. با کپی‌برداری از مدل‌های طبیعی، به کارگیری اصول هندسی و دانش زیستی می‌توان ساختارهای فضایی طبقه‌بندی شده، متغیر و متصل را تولید کرد. از دیدگاه بیومیمتیک و رویکردهای هندسی به طراحی معماری معاصر، دامنه ایده‌های نوآورانه گسترش و مرزهای احتمالات فنی تغییر یافته است (Ranđelović, 2012). چیزی که تا همین اواخر غیرواقعی به نظر می‌رسید و اجرای آن غیرممکن بود، به لطف فناوری‌های کامپیوتری که در آن نتایج تحقیقات و مدل‌های فرآیندی پیاده‌سازی شده است، به واقعیت تبدیل شده است. راه‌حل‌های طراحی مولد بر اساس اشکال الگوریتمی بنیادی با استفاده از هندسه تحلیلی به دست آمده و تنوع اشکال هندسی که می‌توان با این روش به دست آورد، گامی اولیه به سوی تشکیل اجسام پیچیده‌تر است. فرآیندی که در آن الگوهای اصلی اصلاح می‌شوند و برای خلاقیت‌های جدید استفاده می‌شوند، یادآور هنر سنتی ژاپنی تا کردن کاغذ – اوریگامی است. این شامل سه عنصر مهم است:

۱. **مجموعه‌ای از حقایق** – مجموعه‌ای که برای درک اصول اولیه هندسی طراحی شده است؛

۲. **مجموعه‌ای از زندگی** – مجموعه‌ای سنتی برای معرفی مهارت‌ها، و

۳. **مجموعه‌ای از زیبایی**– برای القای خلاقیت و انرژی در روح؛ بنابراین، میل به ایجاد زیبایی از طریق بازی، آزمایش با خم کردن فرم‌ها تا بی‌نهایت که عدم قطعیت نتیجه را به ارمغان می‌آورد. این اصول حامل پیامی جهانی است که کاملاً با نقش طراح که خلاقیت آن‌ها را متحول می‌کند، شناسایی می‌شود (Cueva, 2013, 76).

در این مقاله به با نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی دیجیتال معماری یک گونه بومی در ایران را تحلیل و با استفاده از روش‌های مدل‌سازی پارامتریک و طرح‌های آزمایشی نمایش داده شده با استفاده از نمودارهای وورونی به یه هندسه مولد منتج از الگوبرداری از فرم گل می انجامد و می تواند بعنوان یک نمونه عملی در مولدسازی معماری بشمار رود.

۲. روش‌شناسی و پیشینه تحقیق

روش این مقاله «توصیفی- تحلیلی» است که از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی دیجیتال برای نمونه‌یابی فرمی برای طراحی مولد و زایا در معماری استفاده شده است. همچنین از فرم گل بنفشه ایرانی موسوم به بنفشه چهاربرگ برای فرم‌یابی و تحلیل استفاده شده است. این گونه با پویکیلوهیدری مشخص می‌شود، توانایی زنده ماندن در شرایط سخت در مرحله استراحت تا زمانی که شرایط مساعد به آن اجازه زندگی بدهد و به همین دلیل به آن «گل ققنوس» می‌گویند.

تصویر ۱. گل بنفشه ایرانی؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

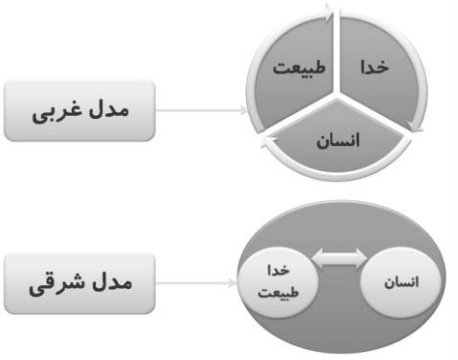
فرم گل ساده، سازگار و ظریف است و بنابراین به‌عنوان نمونه‌ای برای تحقیق در مورد توسعه فرم‌های مولد، بر اساس ساختار به دست آمده از طریق فرآیندهای تکاملی کاوش فرم مناسب است. برای این‌که بتوان از آن در فرآیند طراحی بعدی استفاده کرد، بایستی به الگوی هندسی تبدیل شود که در این فرآیند از نمودار ورونوی[1]، ریاضیدان روسی استفاده شد.

۳. ادبیات تحقیق

در بسیاری از فرهنگ‌های شرقی ارتباط بسیار نزدیکی بین طبیعت و انسان وجود دارد. این ارتباط در دنیای شرق همچنان به‌چشم می‌خورد. ارتباط دوگانه، در غرب از طریق اندیشه‌های مسیحیّت

[1] Voro-noi Georgi, 1868-1908

تبدیل به یک ارتباط تثلیثی شد. بر اساس این تفکّر، خداوند طبیعت را خلق نموده و بشر نیز بایستی از آن استفاده کند؛ در حالی‌که در «تثلیث غربی»، یک‌سری روابط دو گانه پدید آمد: ۱. «خدا- طبیعت»؛ ۲. «طبیعت- انسان»؛ ۳. «عینیّت - ذهنیّت»؛ جسم- روح که هر کدام از این روابط دوگانه از طریق حذف یکی از قطب‌های تثلیث به‌وجود می‌آمد (گروتر، ۱۳۸۳، ص ۱۴۶).



نمودار ۱. رابطه انسان، طبیعت و آفریدگار هستی؛ ماخذ: گروتر، ۱۳۸۳.

۳-۱ طبیعت

طبیعت چیست؟ رابطه ما با طبیعت چیست؟ چگونه می‌توانیم رابطه خود را با طبیعت تغییر دهیم تا تأثیراتی که ما و سیستم‌های ما ایجاد کرده است را کاهش دهیم؟ ریشه لغت «*nature*» از کلمه لاتین *natura* گرفته شده است که در قدیم به معنای «تولد» یا «تولید» است. طبیعت از نظر مفهومی به واژه یونانی *physis* که به سیستم موادی که وجود دارند و رشد می‌کنند، باز می‌گردد. بر این اساس، طبیعت طبق هیچ تعریفی ایستا نیست و مدام در حال تولید و تغییر خود است. ارتباط بینی سیستم‌های طبیعی در زمین، از زندگی حمایت می‌کند که شامل مقیاس‌ها و سرعت‌های بیشماری است که تاکنون در هیچ‌جایی از جهان یافت نشده است. «چارلز جنکز» در مقاله «طبیعت در گفتگو با طبیعت»، طبیعت را به چهار دسته کلی تقسیم می‌کند که هر کدام بنا به ماهیت وجودی، تعابیر و حوزه تعریف خاص خود را دارند. وی در این رابطه چنین اشاره می‌کند:

۱. «طبیعت نوع اول»: طبیعت برهوت و وحشی است. آن محیط وحشی و دست‌نخورده خاص دوران شکارچیان پیش از تاریخ؛
۲. «طبیعت نوع دوم»: حوزه‌های دست‌ساخته بشر، از قبیل باغ‌های میوه و مزرعه‌ها و دیگر اختراعات عصر نوسنگی تشکیل شده است؛
۳. «طبیعت نوع سوم»: شامل چیزهایی است که از لحاظ تاریخی به دوران نسبتاً جدید تعلق دارند: باغ‌ها و مکان‌های دلپذیری که در آن‌ها هنر و اندیشه برای تأثیر گذاشتن بر طبیعت به خدمت گرفته شده‌اند؛
۴. «طبیعت نوع چهارم»: را می‌توان «طبیعت در اندیشه طبیعت» نامید (جنکز، ۱۳۸۳، ص ۳۷).

در عین حال، در تقسیم‌بندی دیگر در رابطه با مفهوم طبیعت، می‌توان گفت که طبیعت در چهار رده زیر تقسیم‌بندی می‌شود: ۱. «طبیعت کیهانی»؛ ۲. «طبیعت فیزیکی»؛ ۳. «طبیعت اُرگانیک»؛ و ۴. «طبیعت انسانی» (چنکز، ۱۳۸۳، صص۶۸-۷۰). همچنین آنتونیادُس در رابطه با تقسیم‌بندی و احراز آن در طبیعت، در کتاب ارزشمند «بوطیقای معماری»، اشاره می‌کند: «طبیعت به یک معنا غیر قابل دسته‌بندی است، چراکه با همه چیز در تماس است، روح زندگی را در آنها می‌دمد و شرایط لازم وجود و رویش موجودات را فراهم می‌کند. طبیعت دلیل هر گونه «تغییرپذیری» است، ضمن این‌که مامن «ابهام» و مکان ناشناخته نیز هست. طبیعت به هر دو قلمرو نامحسوس و محسوس تعلق دارد. «حضور همیشگی» و «دسته بندی ناپذیری» آن باعث می‌شود که بحث‌های راجع به طبیعت، تمام جستارهای خلّاقیت را، خواه محسوس و خواه نامحسوس، پوشش دهد. از سوی‌دیگر قابلیت آموزنده طبیعت در مفاهیم بصری، فضایی و ساختمانی، ما را از اشاره متمایز به آن در زیر چتر راهبردهای محسوس ناگزیر می‌سازد» (آنتونیادُس، ۱۳۸۱، ص ۴۰۲).

علاوه بر این، در برخورد با «عالم طبیعت» به نظام‌های متفاوتی برخورد می‌شود. این نظام‌ها در سیر تکوین و تکامل خود مراتبی دارند که عبارتند از: «استاتیک»[۱]؛ «دینامیک»؛ «سایبرنتیک»[۲]؛ «تک یاخته»؛ «گیاه»؛ «حیوان»؛ «انسان»؛ «جامعه» (حجت و ندیمی، ۱۳۶۶). «چارلز چنگز»، «طبیعت» را در چهار لایه معرفی می‌نماید: ۱. «طبیعت صفر» (بیجان‌ها)؛ ۲. «طبیعت اوّل» (طبیعت جانداران)؛ ۳. «طبیعت دّوم» (عادات)؛ و ۴. «طبیعت سوّم» (هنر و بویژه هنر باغ‌سازی). وی معتقد است که باید از طبیعت استفاده کرد تا به رازهای اساسی طبیعت و عناصر یا رویدادهای سازمان‌دهنده خود آن دست‌یافت (جنکز، ۱۳۸۳، ص۶۴). طبق نظرِ «فرتی» (۲۰۰۰) در طی تاریخ اندیشه، رابطه انسان و طبیعت توسط ده جریان اصلی نمایان شده است: ۱. «طبیعت به عنوان منبع زیبایی در معماری»؛ ۲. «جستجوی منشاء معماری در طبیعت»؛ ۳. «افزایش ارزش معماری: به عنوان تقلید از طبیعت»؛ ۴. «استناد به طبیعت به عنوان توجیه‌کننده مجوز هنرمند»؛ ۵. «طبیعت به عنوان ایده سیاسی: رها و بدون اجبار»؛

---

[۱] Statics

[۲] سایبرنتیک یک علم بین رشته ای بوده و از این رو که به عنوان یک علم ماهیت مستقلی ندارد نمی توان برای آن حیطه خاصی را در نظر گرفت و تعریفی مشخص ارایه داد. به هر حال موضوع سایبرنتیک مطالعه و بررسی ماهیت کنترل ارگانیسم های زنده مانند انسان، حیوان و حتی بافت های موجودات زنده و ماشین هاست. توجه به این نکته که ذاتا ماهیت کنترل ناشناخته و از دیدگاه علوم مختلف دارای تعاریف متفاوتی است هرچه بیشتر اهمیت سایبرنتیک را بر ما روشن می کند. اوایل دهه ۱۹۴۰ تعدادی از دانشمندان برجسته از حوزه های مختلف علوم در مکزیک گرد هم جمع شدند تا مسایل جنگ جهانی دوم را از جنبه های مختلف مورد بررسی قرار دهند، اما از آنجا که موضوع مشترک علمی به دلیل اینکه هر یک در حوزه علمی به خصوصی تبحر داشتند برای بحثی جدی نداشتند قرار بر آن شد در زمینه‌ای بحث شود که هیچ یک از آنها در آن زمینه تخصص نداشته باشند، این گروه تصمیم گرفتند درباره ماهیت کنترل بحث کنند، این مسله زمینه ساز تولد سایبرنتیک شد. در سال ۱۹۴۸ ریاضی دان برجسته نوربرت واینر که از اولین دانشمندان درگیر در مبحث سایبرنتیک بود، در کتابی تحت عنوان «سایبرنتیک و کنترل» در ارتباط بین حیوان و ماشین به طور رسمی سایبرنتیک را به جهان دانش معرفی کرد. کلمه سایبرنتیک ریشه ای یونانی داشته و از لغت KUBERNETES به معنای سکاندار گرفته شده که معادل آن در زبان CYBERNETES انگلیسی است، توجه کنید که این لغت در سیر گذار به زبان لاتین از طریق روم به GUBERNATOR تبدیل شده است که در انگلیسی GOVERNOR (حاکم) است.

۶. «طبیعت به عنوان ساخت دریافت‌نظر»؛ ۷. «در نظر گرفتن هنر به عنوان طبیعت دوم»؛ ۸. «طبیعت در تقابل فرهنگ»؛ ۹. «رد طبیعت در نیمه‌دوم قرن بیستم»؛ و ۱۰. «جریان محیط‌گرا: طبیعت به‌مثابه اکوسیستم و نقد سرمایه‌داری» (Foty,2000؛ بنقل از نورمحمدی، ۱۳۸۸، ص ۵۱).

۳-۲ هندسه طبیعت

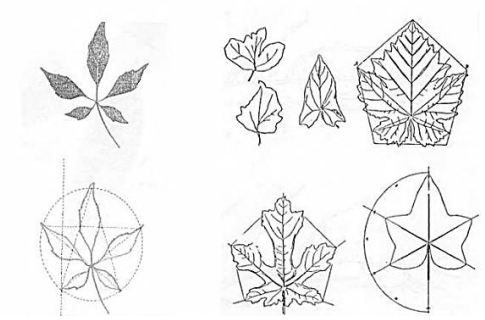
در رابطه با هندسه طبیعت، اعم انسانی، گیاهی و حیوانی، در تاریخ سخنان بسیاری نقل شده‌است؛ چنان‌که «ویتروویوس» نوشته است: «به‌طور طبیعی، نقطه مرکزی بدن انسان، ناف است؛ چراکه اگر فردی به پشت بخوابد، دست‌ها و پاهایش را باز کنند و پرگاری درون ناف او قرار گیرد، انگشتان و سرپنجه‌های دست و پای او بر محیط دایره‌ای که از آن ترسیم‌شده مماس خواهند بود و درست هم زمان که بدن انسان طرح کلی دایره‌واری به خود گرفته است، شکل مربعی از آن حاصل می‌شود، چراکه اگر فاصله کف پاها تا نوک سر را اندازه بگیریم و سپس آن اندازه را برای دستانی باز به‌کار گیریم پهنایی حاصل خواهد شد که برابر ارتفاع است، همان‌گونه که در مورد سطوح صفحه که مربع کاملند، چنین موردی صدق می‌کند» (ویتروویوس، ده کتاب معماری، ترجمه هیکی مورگان؛ بنقل از آنوین، ۱۳۸۶، ص ۱۵۱). «افشار نادری» در مقاله «همنشینی اضداد در معماری ایرانی» در ذیل مقوله «هندسه و نظم بیومُورفیک در معماری» می‌نویسد: «نظم در معماری ایرانی مترادف هندسه است. ریاضیات و هندسه نه تنها نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در هنرهای تصویری و معماری داشته‌اند، بلکه در گذشته حتی موسیقی نیز شاخه‌ای از ریاضیات محسوب می‌شده است. در کنار الگوهای هندسی، ساختارهای طبیعی یا اُرگانیک نیز در هنر اسلامی عمدتاً تعادلی است بین فُرم‌های خالص هندسی و چیزی که وی فُرم‌های بیومرفیک می‌نامد. معماری کاملاً هندسی مسجد با ابعاد خارق‌العاده‌اش همان‌گونه در بافت پیچ در پیچ و اُرگانیک شهرها جای می‌گیرد که نظم هندسی نقوش قالی درون مجموعه‌ای از طرح‌های اُرگانیک (گل و بوته)» (افشار نادری، ۱۳۷۴، ص ۷۱-۷۲).

بر این اساس باید گفت که؛ «هندسه» بخش مهمّی از قوانین همه ساختارهاست. شکل‌گیری ویژگی-های متفاوت سامانه‌ها ناشی از تفاوتهای زیر است:

- «اجزاء عناصر»؛
- «چیدمان اجزاء یا هندسه آنها». برای شکل‌گیری ویژگی‌های خاص هر ساختار، چگونگی روابط و چیدمان اجزاء بسیار مهمّتر از خود اجزاست، چراکه با وجود اجزای مشترک در اشیاء و موجودات، آثار متفاوتی بوجود می‌آید که این امر ناشی از هندسه متفاوت و نحوه چیدمان آنهاست (حمزه نژاد، ۱۳۸۵، ص ۱۱۷).

از مهمّترین الگوهای هندسی در ساختار هر چهار رده موجودات (انسانی، جانوری، گیاهی، بیجان)، ترکیب دو نوع هندسه آزاد و منظّم است. راز تفاوت هندسه ساختارها و سامانه‌ها در تفاوت رفتاری و عملکردی اعضاء آن است که آثار و ویژگی‌های خاصّ را به آن عضو داده است؛ به‌عنوان مثال

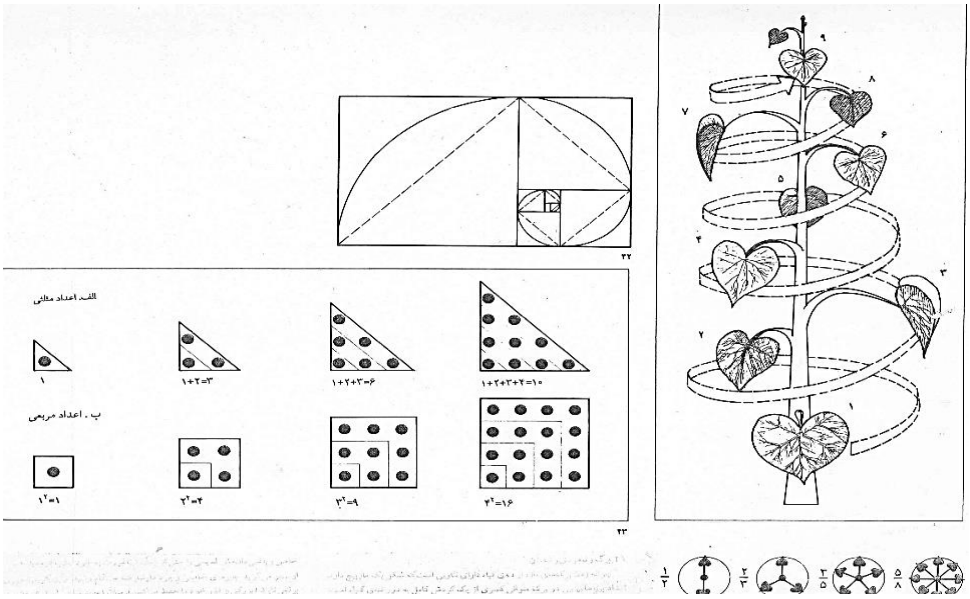
ریشه و رگبرگ‌های گیاهان دارای هندسه آزاد و گل و میوه و ساقه و شکل کلّی آن دارای هندسه منظم است.



نمودار ۲. پیروی از الگوی پنج ضلعی؛ ماخذ: محمودی‌نژاد، ۱۳۸۹.

انواع هندسه موجود در طبیعت عبارت است از:

۱. «**هندسه منظّم (ذاتی)**»: هندسه ذاتی، همان اصول ثابت، بی تغییر و فرازمان می‌باشد؛ همان الگوهای همیشگی هندسه طبیعت که از آنها به «هندسه فطری» یا «هندسه مقدّس» تعبیر می شود. این اصول ثابتند و کثرت‌ناپذیر. از آنجا که در ذات اشیاء به صورت بالقوّه و استعداد درونی گرایش به این اشکال وجود دارد، این هندسه تحت‌تاثیر نیروهای درونی تعبیر می‌شود که جنبه پیش‌بینی‌پذیر هویت شکلی را تشکیل می‌دهد، به‌عنوان مثال ویژگی-های «نوعی» مشترک در انسان‌ها (حمزه نژاد، ۱۳۸۵، ص ۱۱۷).



نمودار ۳. نحوه چیدمان برگ‌ها از الگوی خاصی پیروی می‌کند؛ ماخذ: اردلان و بختیار، ۱۳۸۰

«**هندسه آزاد (هندسه تطابقی)**»: در تمامی گونه‌های موجودات، نیروهای درونی تمایل به هندسه و شکل خاصّی دارند، امّا نیروهای بیرونی (محیطی) سبب می‌شوند، شکل بر اساس اصل انطباق با محیط به هندسه خاصّ خود دست یابد. در این حوزه از میزان پیش‌بینی‌پذیری هویّت کاسته شده و

تنّوع و کثرت پیش‌بینی‌ناپذیر مطرح می‌شود. به‌عنوان نمونه، تنوّع و کثرت آدم‌ها علی‌رغم داشتن ویژگی مشترک «نوعی» نشان‌دهنده این ویژگی است. در معماری و شهرسازی برای هر موضوع از جمله خانه، معبد، مسجد و غیره، گروهی از الگوهای هندسی ذاتی و فطری هویّت آن‌را تشکیل می‌دهند و نیروهای بیرونی (کالبدی و محتوایی) تنوّع و کثرت آن را سبب می‌شوند (حمزه نژاد، ۱۳۸۵، صص ۱۱۹-۱۲۰). به طورکلی وجوه مشترک «هندسه آزاد و منظّم ساختارهای طبیعی» را می‌توان اینگونه برشمرد:

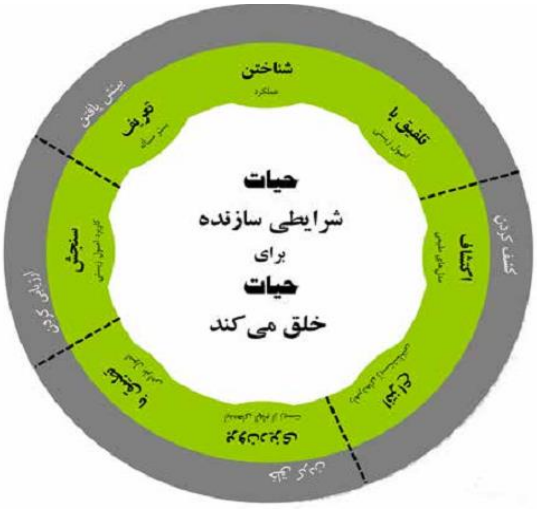
۱. «با تکامل ارگانیزم‌های طبیعی، نظم و سازماندهی بیشتری بر ساختار آنها حاکم است، بطوری‌که هندسه آزاد در بیجان‌ها بیش از گیاهان و در گیاهان بیشتر از جانوران است»؛ و
۲. «هندسه آزاد طبیعت برخاسته از تصادف نیست، بلکه هندسه آزاد ناشی از نیاز و رفتار عضو آن به این شکل و هندسه است. درواقع هندسه آزاد، منطبق بر رفتارهای تطابقی موجود است که جهت تطبیق خود با محیط از هندسه آزاد استفاده می‌نماید. با توجه به این‌که بی‌جان‌ها رفتاری از خود بروز نمی‌دهند، هندسه آزاد آن‌ها ناشی از شرایط و محدودیت‌های اطراف است»؛ و
۳. «در برداشت از پیچیدگی‌های طبیعت، صرفاً نباید به یک برداشت شکلی و ظاهری بسنده کرد. مهّم این است که ماهیّت و دلیل این پیچیدگی درک شود و بر اساس نیاز و ساختار سامانه، هندسه آن انتخاب شود» (همان، ص ۱۲۱).

بهترین مثال درباره الگوهای هندسی منظّم و آزاد، الگوهای هندسی معماری و شهرسازی را می‌توان نام برد که برای معماری در حکم ریشه برای گیاه است، با توجه به عوامل برونی متعددی از قبیل توپوگرافی، موانع، تراکم شهر می‌تواند ساختاری آزاد و سیال داشته باشد، درحالی‌که ساختمانها بهتر است ساختاری منظم داشته باشند. اگر شهرها به صورت هندسی و منظّم همانند شهرهای مدرن طراحی شوند، رفتاری تحمیلی و غیراُرگانیک بر آن‌ها اعمال شده است و اگر خانه‌ها به صورت سیّال و آزاد طراحی شوند، از طراحی اُرگانیک و هندسه ذاتی آنها فاصله گرفته شده است. در رابطه با هندسه اقلیدسی، و ارتباط «کنش ریاضی» و «ریشه گیاهی» می‌توان اشاره داشت که: «هنگامی که از ریشه‌های مربع و ریشه‌های مکعب سخن می‌گوییم، از یک تعریف بسیار قدیمی استفاده می کنیم که کنش ریاضی را با ریشه گیاهی پیوند می‌دهد. ریشه گیاهی مانند ریشه ریاضی علی است؛ زیرا اولی در خاک جایگزین شده است و آن یکی نیز در مربع جای گرفته است. در مفهوم حیاتی، ریشه هندسی بیان مثال اعلی از یک کنش تجنیسی، به‌وجودآورنده و تغییرشکل‌دهنده‌ای است که همان ریشه است. ریشه دوم (جذر) مانند ریشه گیاه حاوی توان طبیعی است که می‌تواند تخریب کند برای اینکه پیشرفت کند، مربع اصلی را تخریب و تفکیک می‌کند؛ و در عین‌حال دارای آن توانی است که می‌تواند در یک لحظه ۱ را به ۲ تبدیل نماید. یک گیاه به‌طور تصاعدی از درهم شکستگی

پیش رشد می‌کند، لکن فرضیه قانع کننده‌ای وجود ندارد که توضیح دهد چگونه یک گیاه یا یک کدو می‌تواند از یک ریشه نازک و باریک پدید آید، همچنان که یک مربع از درون مربع دیگری بر می‌جهد. این توانی است دگرگون شده که قبلاً در یک ریشه علی وجود داشته است (لولر، ۱۳۶۸؛ بنقل از خاک‌زند و احمدی، ۱۳۸۶، ص ۳۷).

۳-۳ معماری بیومیمتیک

بیومیمتیک را می‌توان به‌صورت تقلید یا الهام‌بخش فرم‌ها و فرایندهای طبیعت برای حل مشکلات جهت انسان‌ها تعریف کرد (Benyus, 1997). «جانین بنیوس» زیست‌شناس و پیشروی رشته نوظهور زیست‌الگوسازی، پایه‌ای برای این نظم درحال ظهور را با بحث بر نیاز به تقلید از طبیعت برای تضمین آینده پایدار ارائه می‌کند. بنیوس و دیگر پیشروان تأکید می‌کنند که اگرچه شکل، جزء بدیهی طبیعت است، تقلید شکل طبیعی به تنهایی قابل درک نیست، اما بنیوس استدلال می‌کند که رقابت کامل طبیعت در سه سطح تقلید عمل می‌کند: شکل، فرآیند و اکوسیستم. زیست‌الگوسازی بیش از بازسازی یک شیء یا سیستم طبیعی است. این نخستین بررسی دقیق یک ارگانیسم یا اکوسیستم است، سپس کاربردی واقعی از اصول طراحی نهفته در راه‌حل طبیعی یافت می‌شود. یادگیری درباره طبیعت یک چیز است و یادگیری از طبیعت چیز دیگری است. طبیعت، الگوها و راه‌حل‌های آزمایش شده در اطراف ما دارد و زیست‌الگوسازی، بررسی و کاربرد راه‌حل‌های طبیعی برای چالش‌های طراحی است. زیست‌الگوسازی که در آن گیاهان، جانوران یا کل اکوسیستم‌ها به‌صورت پایه‌ای برای طراحی تقلید می‌شوند.



نمودار ۴. نحوه الگوبرداری از طبیعت در معماری بیونیک؛ ماخذ: گلابچی و محمودی نژاد، ۱۳۹۸، ص ۸۷.

۳-۴ الگوبرداری از طبیعت

در زمینه الگوبرداری از قوانین طبیعت باید گفت که این الگوبرداری می‌تواند در زمینه‌های زیر تحقق پذیرد که عبارتند از:

- «سازه و ساختار طبیعت» (جانوران، گیاهان و اُرگانیسم های پست) و بهره‌گیری از آن در سازه و ساختار معماری؛ و
- «مواد و مصالح طبیعت» و بهره گیری از آن در مواد و مصالح معماری؛ و
- «ابزار، تکنیک و تکنولوژی طبیعت» و بهره گیری از آن در تکنولوژی معماری؛ و
- «فیزیولوژی طبیعت» و بهره گیری از آن در عملکردهای معماری.

در رابطه با اصول سازه‌ای مستخرج از طبیعت می‌توان اشاره کرد که در طبیعت فُرم‌های سازه‌ای کارا اولویت بیشتری دارند، زیرا طبیعت می‌تواند بارهای وارده در یک ساختار را به روش حسی انتقال دهد و دیگر اینکه طبیعت با کارایی موثر یک موجود زنده هیچ گونه سازشی ندارد؛ این امر یکی از کلیدهای موفقیتی است که طراحان ساختمان سعی در به دست آوردن آن دارند. آیا هدف از طراحی بهینه چیزی جز رسیدن به بهترین دستاورد با صرف کمترین سرمایه گذاری است؟ برخی از اصول مستخرج از طبیعت عبارتند از:

۱. «کمینه استفاده از مصالح در سازه طبیعت»: هنگامی که به یک گل نگاه می‌کنیم، تحت‌تاثیر بوی خوش و فُرم زیبای آن قرار می گیریم. ولی اگر با دقت بیشتری به آن نگاه کنیم و در مورد فُرم آن تفکّر نماییم، شاید بیشتر تحت تاثیر این موضوع قرار گیریم که چگونه یک گل هنگام وزش نسیم نوسان می‌کند، ولی نمی‌شکند و دوباره به حالت اول خود باز می گردد. این موضوع در گیاهانی که دارای مفصل هستند، بیشتر به‌چشم می‌خورد. به دلیل اینکه وجود مفصل، این گیاهان هنگام وزش باد، انعطاف‌پذیر می اشند. موضوع جالب این‌که با اینکه مصالح سخت کننده در مفاصل به میزان حداقل می باشد، در عین حال در کاراترین و موثرترین شکل خود بکار برده شده اند، دلیل این امر این است که طبیعت چیزی را هدر نمی دهد (تقی‌زاده، ۱۳۸۵، ۷۷).
۲. «حصول زیبایی از طریق حداکثر کارایی در مصالح و فُرم»: با کوشش در قوانین طبیعت و دیدن، احساس کردن، شنیدن و یا استشمام فُرم‌های طبیعی، شاید بتوان به زیبایی عملکردی دست یافت.
۳. «همزمانی روی دادن کارایی سازه‌ای و زیبایی فُرمی»: شاید آنچه مخلوقات طبیعی را بسیار خاص می سازد، این باشد که کارایی سازه‌ای و زیبایی فُرم در آن‌ها همزمان اتفاق می‌افتد. در تمامی سازه‌ها بدون استثناء منطقی روشن وجود دارد که به نوعی در مسیری جادویی، فُرم‌های زیبایی ایجاد می‌کنند که همگان مشتاق به دیدن و تحسین آنها هستند. تشابه، تناسب و تفاوت‌هایی را می‌توان بین فُرم‌های موجود در طبیعت و فُرم‌های دست ساخته انسان پیدا کرد.

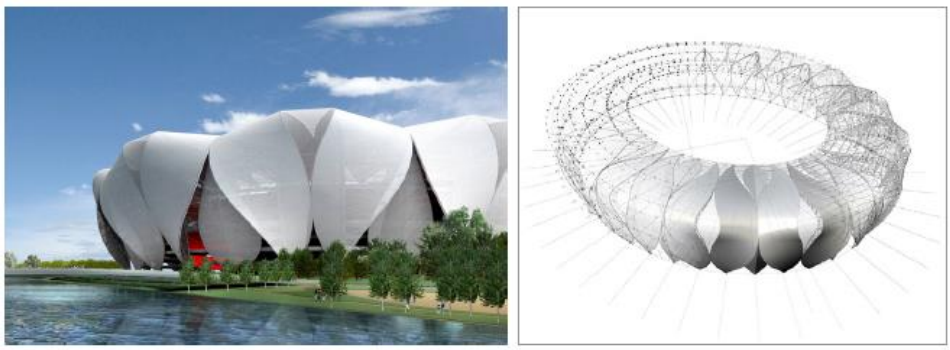
۴. «ارتباط کامل بین ابعاد وابسته و پیوسته با طبیعت»: از نظر فلسفی، طبیعت ارتباطی است بین استدلال سازه‌ای، کارایی، بهترین استفاده از مصالح با توجه به خصوصیات آنها، تناسبات عملکردی و زیبایی شناسانه، رنگ، شکل و حجم در سطحی که دست ساخته‌های انسان تاکنون به آن حد نرسیده اند (تقی زاده، ۱۳۸۵، ۷۷).

۳-۵ فن‌آوری کامپیوتر در طراحی

«طراحی مولد» مبتنی بر مدل‌های پارامتری از الگوهای الگوریتمی استفاده می‌کند که بر روابط هندسی تکیه دارند (تئوفیلوویچ، ۲۰۱۱) و به لطف این مدل‌ها و با کمک برنامه‌های کامپیوتری مدرن، می‌توان ویژگی‌های تبدیل را شبیه‌سازی کرد و تغییرات و نتایج آن‌ها را تحلیل کرد؛ به این‌ترتیب، آزمایش سازه‌های مقیاس بزرگ و واکنش‌های آن‌ها به مواد و سازه‌های مختلف امکان‌پذیر است، زیرا یافتن یک پیکربندی طراحی مناسب قبل از ساخت این سازه‌ها بسیار مهم است.

تصویر ۲. مرکز بین المللی فرهنگ و هنر Changsha در چانگشا، چین توسط حدید؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

برنامه‌های طراحی که برای انیمیشن استفاده می‌شوند، مانند ds Max۳، Softim-age، Maya، Cinema 4D، Blender، Rhinoceros و موارد مشابه، مفید هستند زیرا دارای ابزارهایی هستند که تغییر شکل را در بازه زمانی مشخص ممکن می‌سازد. این ابزارها می‌توانند مدل‌هایی باشند که از اطلاعات پارامتری مشخص‌شده توسط طراح ناشی می‌شوند. در همان زمان، نرم‌افزار BIM (Building Information Modelling)روابط بین بخش‌های مدل را به هم متصل می‌کند و می‌تواند راه‌حل‌های جایگزین را با کمک ابزارهایی که چارچوب زمانی را تعریف می‌کنند، ایجاد کند و هر فریم را در طول دوره تغییر مدل و تکامل آن ثبت کند (دوناس، ۲۰۰۹).



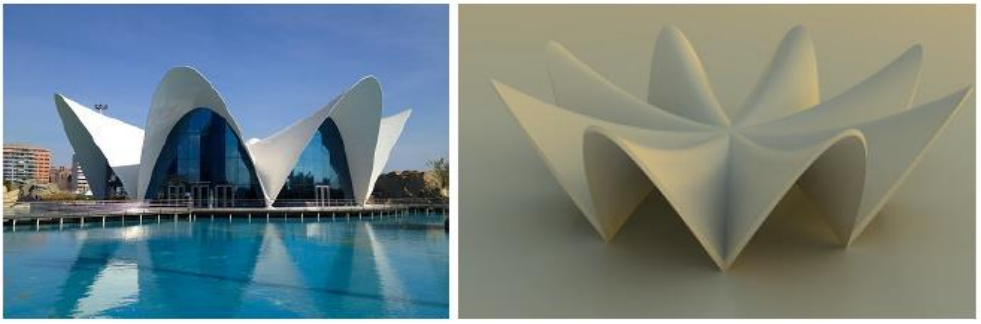
تصویر ۳. استادیوم مرکز ورزشی المپیک به شکل شکوفه در هانگژو، چین؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

در فرآیند مدل‌سازی اغلب از نرم‌افزار Rhinoceros استفاده می‌شود. با کمک نرم‌افزار پایه و پلاگین آن Grass-hopper امکان ایجاد، کنترل و تغییر مدل وجود دارد. گرسهاپر مدل را در زمان واقعی، از طریق تبدیل فرم‌های اساسی تغییر پارامترها مانند شکل، اندازه، ارتفاع یا موقعیت‌هایی که تأثیرات مکانیکی روی مدل را شبیه‌سازی می‌کنند، کنترل می‌کند (Miloševićو همکاران، ۲۰۱۴). گزینه دیگر این است که مدل را به چندین مؤلفه تقسیم کنید که می‌تواند به طور خاص اصلاح شود. با توجه به معرفی مدل‌سازی پارامتریک، با کمک نرم‌افزار انیمیشن می‌توان بسیاری از ساختارها را تولید و دستکاری کرد و اشکال هندسی پیچیده و الگوهای طبیعی را کشف کرد.

۴- بیان یافته‌های تحقیق

همه اشکال طبیعی را که عناصر و ساختارهای موجود در رابطه تناسبی هستند می‌توان زیبا نامید. به این دلایل، به ویژه فرم گل برجسته است که هم هماهنگی و هم ظرافت را در خود دارد .در نتیجه، اغلب به عنوان الهام بخش در طراحی معماری استفاده می شود (شامبینا و همکاران، ۲۰۱۲).

نشـــریـه علمی فرهنـگ و زیست فناوری معماری، سال ۳، شماره ۹



تصویر ۴. L'Oceanogràfic مجموعه موزه در والنسیا، اسپانیا توسط کاندلا (۱۹۵۸)؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

نمونه‌هایی از سازه‌های معماری معاصر که شکل اصلی آن‌ها از ساختار مورفولوژیکی گل الهام گرفته شده است، بر روی اشکال هندسی حداقلی که ساختارهای پیچیده می‌سازند، بنا شده‌اند. این به لطف همبستگی بین عناصر آنها که به طور نامرئی تفاوت‌های ساختاری را ادغام می کنند امکان‌پذیر است. این یکی از ویژگی‌های اساسی طراحی مولد است. امکان اجرای اصول بیومیمتیک در طراحی معماری- معماری، بر اساس اصول هندسی، فرصتی را برای توسعه مدل‌های عمومی مختلف بر اساس پارامترهایی که از طبیعت سرچشمه می‌گیرند و پیکربندی آن‌ها با نیازهای فضایی منطبق است، ساخت و سازها فراهم می‌کند. نمونه‌هایی از سازه‌های معماری به شکل گل، که فرم آن از منشا طبیعی الهام گرفته شده است، در شکل‌ها نشان داده شده‌اند. شکل جوانه گل حامل یک پیام نمادین است که می تواند به خود شی منتقل شود.

تصویر ۵. عبادتگاه بهائیان (معبد نور) در سانتیاگو، شیلی توسط حریری (غنچه گل)؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

مراحلی که گیاه در طی گلدهی، باز و بسته شدن گلبرگ‌ها و استفاده از این اصل در طراحی معماری یک راه حل نمای پویا – هوشمند را به ارمغان می آورد. راه حل های بسیاری از گل نیلوفر آبی الهام گرفته شده است T در شکل آن، شکل گل‌های شناور وجود دارد که اغلب در برخی راه‌حل‌های آینده‌نگر تفسیر می‌شوند.

۴-۱ نمودار ورونوی

نمودار ورونوی یک نمایش گرافیکی از اشیا یا نقاط است که در آن فاصله متقابل آن‌ها یک الگوی هندسی را تشکیل می‌دهد. اگر نقاط تراز به صورت ردیفی چیده شوند، نمودار ورونوی نزدیک‌ترین مناطق را به نقطه خاص اختصاص می‌دهد، اما اگر به گروهی از اشیاء یا موجودات فضایی مربوط می‌شود، صفحه بر اساس نقاطی تقسیم می‌شود که به تنهایی نزدیک‌ترین مکان را ایجاد می‌کنند و واحد در صورتی که نقطه‌ای که واحد فضایی آن یکنواخت نباشد، نمودار ورونوی بر اساس نقاطی که در فاصله یکسان دو یا چند واحد فضایی قرار دارند، تشکیل می شود (یوویچ و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲ مثلث سازی دلونی

«مثلث دلونی» مجموعه‌ای از نقاط است که با مجموعه‌ای از یال‌ها نشان داده می‌شوند که الزامات «دایره خالی» را برآورده می‌کنند: برای هر یالی که می‌تواند دایره‌ای رسم کند که حاوی نقاط انتهایی این یال‌ها باشد و هیچ نقطه دیگری وجود نداشته باشد. امکان اتصال خطی که دو راس نمودار ورونوی را به هم متصل می‌کند، به شرطی که لبه بین دو چند ضلعی ورونوی مشترک باشد، به‌عنوان ساختار دوگانه یک نمودار ورونوی مشخص می‌شود و در این فرآیند، از یک دایره دلونی (توضیح داده شده) استفاده می‌شود.

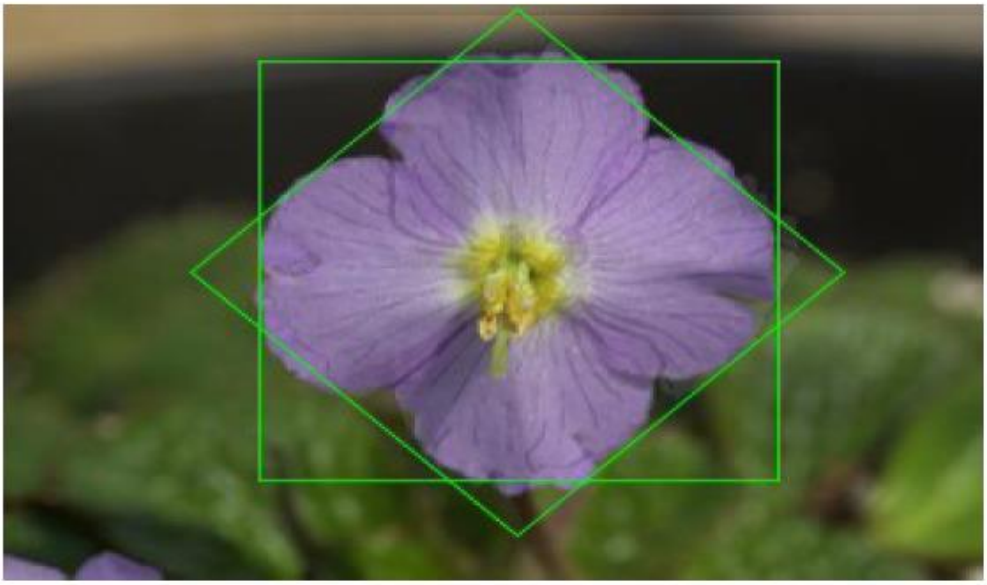
۴-۳ مفهوم نمودار ورونوی

ساخت یک نمودار ورونوی بر اساس پنج مرحله است:

- برچسب گذاری نقاط شروع؛ علامت گذاری نقاطی که مشخصه یک فرم خاص هستند، رئوس یک شبکه مثلثی؛

- مثلث سازی دلونی؛ نزدیک ترین نقاط همسایه در یک پاره خط ادغام می شوند، به گونه‌ای که منگنه‌ها قطع نمی شوند.
- تعیین نیمی از خط؛ تعیین نیم لبه های مثلث دلون
- ساخت نرمال در محل نصف شدن و تعیین نقطه تقاطع آن‌ها؛ در هر نیمه از هر خط از مثلث دلونی، ساخت دقیق این نرمال‌ها که در یک نقطه ادغام می شوند، مرکز دایره محصور مثلث را نشان می دهد.
- تشکیل سلول‌های نمودار که در داخل آن‌ها «داده‌شده» به کوتاه‌ترین فاصله از لبه‌های نمودار ووروني چند ضلعی اشاره می‌کند؛ رسم خطوط در هر نرمال نمودارها برای به دست آوردن میدان‌های بسته با راس‌هایی که مرکز مثلث‌های توصیف شده از یک مثلث دلونی از دایره هستند.

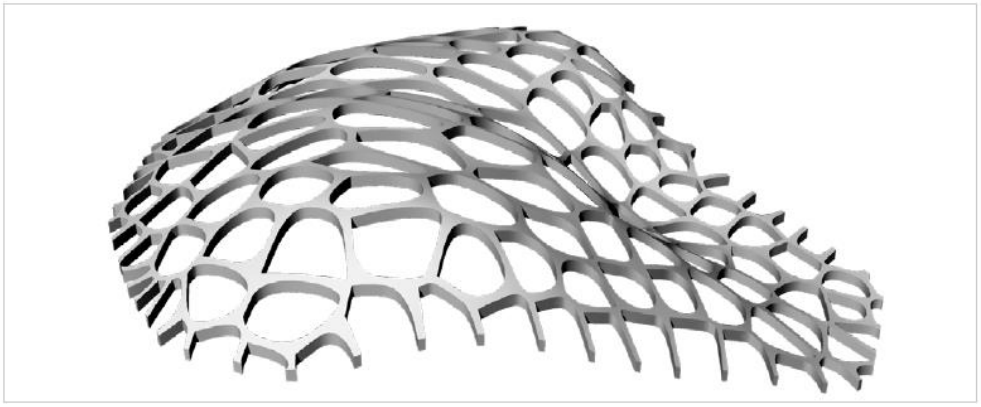
بر اساس رگبرگ‌های گل نقاط شروع مشخصه به عنوان پایه‌ای برای الگوهای آینده به دست آمده با کمک نمودار ووروني تنظیم شد. برنامه رگه‌ها به الگویی تبدیل می‌شود که ساختار آن با یک گلبرگ گل مطابقت دارد. برای تشکیل یک گل، برنامه‌ای از گلبرگ‌ها را می‌توان در یک پایه مربع با همپوشانی مشخصه قرار داد. این همپوشانی را می‌توان با تکثیر گلبرگ‌ها در امتداد یک منحنی، مطابق با تعداد گلبرگ‌های موجود در طبیعت، در این مورد چهار بار نشان داد.



تصویر ۶. کانتور گل در مدولار هندسی وبردار ووروني، ماخذ: ترسیم نگارنده.

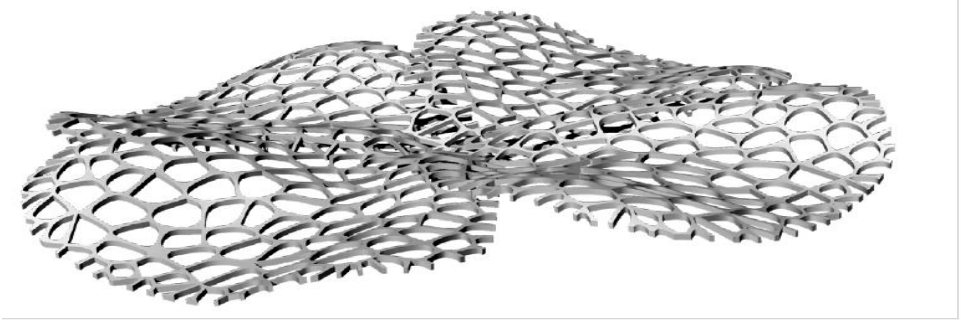
مدل مشتق شده نتیجه استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای برنامه مدل‌سازی سه‌بعدی *Rhinoceros* و پلاگین آن *Grasshopper* است که با کمک روابط هندسی، مدلی از فرم تولید می کند که نتیجه آن کاملاً به پارامترهای ارائه شده بستگی دارد که برای نزدیک‌تر شدن شکل به فرم ارگانیک در این

پژوهش، سلول‌های نمودار ورونوی فیله شده‌اند. الگوی به دست آمده توسط گلبرگ هایی به شکل لوبولی پوشیده شده است.



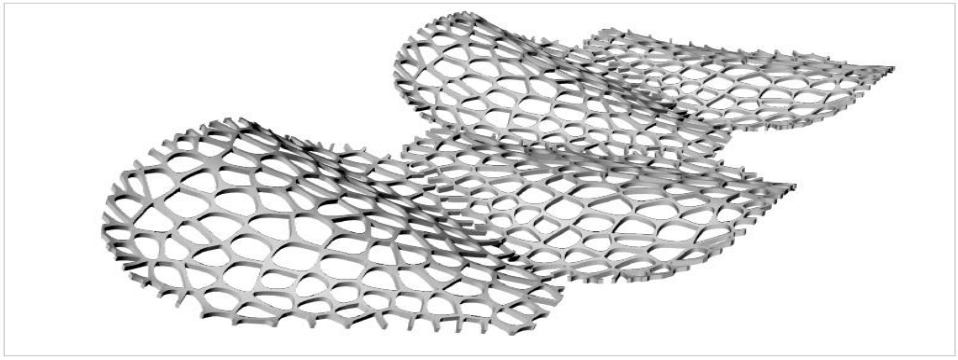
تصویر ۷. گلبرگ گل ساخته شده با نمودار وورونی، ماخذ: ترسیم نگارنده.

گل با قرار دادن یک سری گلبرگ ساخته می‌شود که در امتداد منحنی چیده شده و در یک زاویه قرار گرفته اند، به طوری که گلبرگ‌ها به طور مشخص تغییر می‌کنند که به طور یکسان نشان‌دهنده همپوشانی در طبیعت است.



تصویر ۸. گل ساخته شده، ماخذ: ترسیم نگارندگان.

ایجاد ساختارهای پیچیده تر را می‌توان با عناصری که در آرایش‌های مختلف تشکیل شده اند برای دستیابی به فرم‌های پیچیده‌تر به دست آورد.



تصویر ۹. ساختار به دست آمده با ترتیبات مختلف؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

۵. نتیجه‌گیری و جمعبندی

الهام بر اساس اصول ساختاری و عملکردی سیستم‌های طبیعی راه‌حل‌های قابل تحققی را ارائه می‌دهد؛ طراحی که نشان‌دهنده پیوند بین مهندسی و راه‌حل‌های طبیعی است و یک تعامل ثابت بین شی و محیط را فراهم می‌کند. واکنش‌های متفاوت به تغییراتی که این محیط ایجاد می‌کند و نتایج نسبی می‌تواند شکل شی را بر اساس اصول طراحی مولد پیش‌بینی کند. گل، به عنوان یک اندام گیاهی، بخشی از یک سیستم است که از نظر ساختار و عملکرد بسیار متفاوت است؛ با این حال، فرم گل به عنوان یک ساختار بصری جذاب که به عنوان الهام بخش بسیاری از اشیاء معماری مختلف بوده است، مشخص شده است. ساختار هندسی گل به عنوان شکل شروع به کار گرفته می شود تا برای اجرای بیشتر در طرح مولد استفاده شود. الگوی به‌دست‌آمده را می‌توان به همراه کاربرد فعلی برنامه‌های رایانه‌ای برای مدل‌سازی سه بعدی دستکاری کرد و بر اساس شکل اولیه، می‌توان یک چیدمان متمایز از عناصر تکرار شونده ایجاد کرد یا از آن برای ساخت مدل‌های ساختار پیچیده استفاده کرد. اساس الگوی مشتق شده می‌تواند کاربردهایی در ساختارهای مقیاس کوچکتر مانند عناصر طراحی داخلی مناسب برای چاپ سه بعدی و عناصر بیرونی مانند فواره‌ها، آلاچیق ها یا سبک‌های سنگ فرش پیدا کند. برای ساختار اجسام پیچیده‌تر، ادامه تحقیق ضروری است. ویژگی-های جالب گونه که به دلیل ماهیت آن متمایز می‌شود، می تواند منجر به توسعه راه‌حل‌هایی شود که بر این اصول متکی هستند و ساختار آن پیچیده‌تر است، جایی که طراحی شامل چیزی بیش از کپی کردن الگوهای بصری است. این ایده که مفهوم گل ققنوس که در آینده منتقل و به تصویر کشیده می‌شود، می تواند با تحقیقات بیشتر مورد بررسی قرار گیرد تا همبستگی عناصر ساختاری و عملکرد آن‌ها را امکان پذیر کند و این‌ها به نوبه خود به اجرای بهتر طراحی در راه‌حل‌های فضایی کمک می‌کنند.

نشـــریـه علمی فرهنگ و زیست فناوری معماری، سال ۳، شماره ۹

(*) 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. احمدی شلمانی، محمدحسین (۱۳۸۸) آشنایی با معماری بیونیک، تهران، نوآوران دانشگاه پارسه.
۲. احمدی شلمانی، محمدحسین (۱۳۸۸) معماری معاصر بیونیک، تهران، نوآوران دانشگاه پارسه.
۳. اردلان نادر و لاله بختیار (۱۳۸۰) حس وحدت سنت عرفانی در معماری ایرانی، ترجمه حمید شاهرخ، اصفهان، نشر خاک.
۴. افشار نادری، کامران (۱۳۷۴) نقد، آبادی، سال پنجم، شماره هفدهم.
۵. افشار نادری، کامران (۱۳۷۴) همنشینی اضداد در معماری ایرانی، آبادی، سال پنجم، شماره نوزدهم.

۶. آنتونیادس، آنتونی (۱۳۸۱) بوطیقای معماری (آفرینش در معماری) تئوری طراحی: راهبردهای نامحسوس به سوی خلّاقیت معماری، ترجمه احمدرضا آی، انتشارات سروش، تهران.
۷. آنوین، سیمون (۱۳۸۶) معماری تحلیلی، ترجمه محمد احمدی نژاد، اصفهان، نشر خاک.
۸. تقی زاده، کتایون (۱۳۸۵) آموزه هایی از سازه های طبیعی، درسهایی برای معماران، هنرهای زیبا، شماره ۲۸.
۹. جنکز، چارلز (۱۳۸۳) طبیعت در گفتگو با طبیعت، ترجمه آبتین گلکار، معمار، شماره ۲۷.
۱۰. حمزه نژاد، مهدی (۱۳۸۵) انسان، طبیعت و معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۱. خاک زند، مهدی و امیر احمد احمدی (۱۳۸۶) نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری، نشریه باغ نظر، شماره ۸.
۱۲. گروتر، یورگ (۱۳۸۳) زیبایی شناختی در معماری، ترجمه جهانشاه پاکزاد، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
۱۳. گلابچی، محمود (۱۳۸۲) سازه نظام دهنده و تعیین کننده فُرم در معماری، مجله معماری و شهرسازی، شماره های ۷۳-۷۴.
۱۴. نورمحمدی، سوسن (۱۳۸۸) ضرورت درک سرشت فضای معماری با استناد به رویکردهای معاصر مبتنی بر طبیعت، هنرهای زیبا، شماره ۳۷.
15. Cueva C. L. (2013). Parametric Design: A hermit's cabin, Erasmus intensive programs Kaiserslautern, Structural Architectures – Geometry, Code and design II, Technische Universitat Kaiserslautern, Germany, 2013, pp. 21–22.
16. Dounas T. (2009). Animation as a Framework for Generative Design, In Computation: The New Realm of Architectural Design: 27th eCAADe Conference Proceedings, Istambul, Turkey, 2009, pp. 213–218.
17. Gruber P. (2011). Biomimetics in Architecture: Architecture of Life and Buildings, Springer, Vienna, 2011.
18. Milošević J., Nestorović M. (2014). Bio-interfaces: Studies in Bionics and Space Structure Design, 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija 2014 Proceedings, Vlasina, Serbia, 2014, (1), pp. 90–99.
19. Ranđelović D. (2012). Surface geometry as an impression of contemporary architectonic forms, 3rd International Scientific Conference moNGe-ometrija 2012 Proceedings, Novi Sad, Serbia, 2012, pp. 213–221.
20. Shambina S., Sazonov K. (2012). Application of analytic surfaces and bionic forms in architectural design, 3rd International Scientific Confer-ence moNGeometrija 2012 Proceedings, Novi Sad, Serbia, 2012, pp. 499–505.

چکـیده لاتین

Aramesh Fariba- *TA, built environment faculty, TU Delft.*

Zef Hemel - *professor of special redevelopment, built environment faculty, TU Delft.*
Amr Abdel Kawi-*Professor of Practice, Department of Architecture, the American university in Cairo, Cairo, Egypt.*

Examining the generative design in the geometric approach of nature in biomimetic architecture; Case Study: Iranian violet

Abstract

Nowadays, the development of architecture and form-finding based on the geometrical shapes found in nature, and their implementation in design solutions, with the help of digital computer technology, which has made it possible to use generative models, is expanding. Is. This research presents an initial exploration of natural forms by modeling nature in biomimetic architecture, flowing in geometric patterns resulting from nature and providing a basis for further research that may be used in generative architectural design. The biomimetic approach sets new standards in productive design through the shape of the lotus flower as an example, all the characteristics resulting from these links, and the aesthetic effect primarily based on the harmony and perfect fit of the elements in search of stability. This is the strength and power. The research method is descriptive and analytical, which in the practical part is analyzed with digital 3D software, the architecture of a native species in Iran and using parametric modeling methods and experimental designs displayed using Voroni diagrams lead to a generative geometry resulting from patterning the flower form and can be considered as a practical example in architectural generative.

Key words: *biomimetic, geometry, generative design, Iranian violet flower form.*

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the BOTHIGHA Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

نحوه ارجاع به مقاله:
آرامش، فریبا. همل، زف. عبدالکاوی، عمر. (۱۴۰۲) بررسی طراحی مولد با رویکرد هندسی طبیعت در معماری بیومیمتیک؛ موردپژوهی: بنفشه ایرانی. بوطیقای معماری، ۳(۹)، ۴۳-۶۰.
DOI: 10.52547/ijba.9.2.3
DOR: 20.1001.1.28212398.1402.3.2.2.2
URL: www.ijba.ir/fa/downloadpaper.php?pid=151&rid=18&p=P