طراحی معماری با رویکرد بیونیک، نمونه موردی طراحی پوسته‌های معماری با الهام از صدف آبالون

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۵/۴

فاطمه قارونی* - علی عمرانی پور - محمد یزدی*****

چکیده

ساختار فیزیکی و سیستم‌های در حال توسعه در پاسخ به نیازهایی که در رابطه با جوامع و افراد به وجود می‌آیند، طراحی می‌شوند. پس از میلیون‌ها سال، اصول آموخته‌شده از طبیعت، به تصویب رسیده و به عنوان روش به جنبه‌های ساختاری و رفتار از طراحی می‌تواند در حل و فصل مشکلات کمک کند. در این راستا، چگونگی روند و مراحل الهام گیری از طبیعت برای دست‌یابی به یک محصول از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله ابتدا مراحلی جهت طراحی معماری با رویکرد بیونیک پیشنهاد شده است، سپس در قسمت دوم با مطالعه بر روی سازه و فرم صدف آبالون فرم بهینه پوسته‌ای برای پوشش دهانه‌های بزرگ مورد مطالعه قرار گیرد. در این رابطه، فرم صدف به وسیله روابط ریاضی مورد بررسی قرارگرفته و توسط منحنی‌های پارامتریک بازسازی شده است. فرم منحنی اسپیرال طلایی صدف آبالون بر اساس پلان مستطیلی محاسبه و فرم‌های مختلف ممکن معرفی‌شده‌اند. اطلاعات به دست آمده از این تحقیق گامی برای مطالعات بعدی بر روی فرم‌های مقاوم موجود در طبیعت و کاربرد آن‌ها در معماری و صنعت ساختمان باشد.

واژگان کلیدی: صدف آبالون، پوسته‌های معماری، بیونیک، بهینه‌سازی، طراحی معماری.

Archive of SID

* کارشناس ارشد معماری، عضو باشگاه خبرنگاران جوان و نخبگان، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: saharghaarooni@hotmail.com

** استادیار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

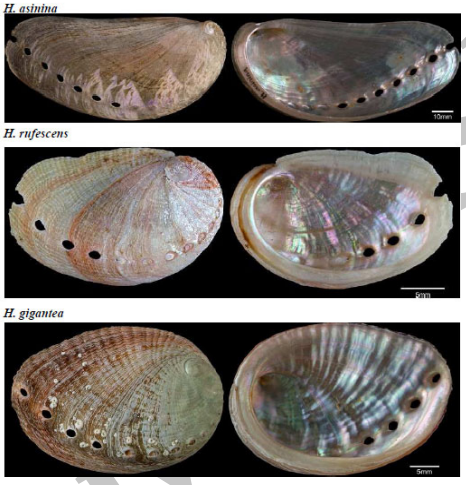
*** کارشناس ارشد تکنولوژی معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

www.SID.ir

مقدمه

فرم‌های طبیعی چندین بیلیون سال است که در حال توسعه هستند و از این میان تنها فرم‌هایی به جای مانده‌اند که در آن‌ها شکل و نیروها همیشه در تعادل است. به نظر می‌رسد، مطالعه مواردی که شامل میلیون‌ها سال تکامل و انتخاب طبیعت است، می‌تواند زمینه حل بسیاری از مشکلات مهندسی را فراهم کند. پوسته‌ی تخم‌مرغ، پوسته‌ی دانه‌ها، جمجمه‌ی حیوانات، حباب آب، صدف‌های دریایی، از نمونه‌های متداول پوسته‌های موجود در طبیعت هستند. در این میان نمونه مناسبی از کاربرد پوسته‌ها در طبیعت صدف‌ها می‌باشند که دارای توابع ساده ریاضی هستند. گاستروپدها خانواده‌ای از صدف‌ها می‌باشند که اکثراً فرم پوسته‌ی آن‌ها به صورت اسپیرال می‌باشد. فرم پیچشی این نوع صدف‌ها منطبق بر منحنی اسپیرال لگاریتمی و یا اسپیرال طلایی می‌باشد. صدف آبالون علاوه بر داشتن فرم اسپیرال در پوسته خود از معدود صدف‌هایی است که پلان آن بر روی صفحه افقی قرار می‌گیرد. این نوع صدف در لبه کناری پوسته خود دارای روزنه‌هایی است که با طی کردن طول اسپیرال به صورت الگوریتمیک کوچک می‌شوند. فرم کلی یک صدف آبالون در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱: فرم کلی صدف آبالون و حفره‌های لبه کناری پوسته



(Guo, Du-Jiao, 2011, p. 25)

در این مقاله ابتدا اشکال طبیعی به عنوان نقطه شروع تولید فرم‌های معماری معرفی می‌شود، سپس مراحل طراحی معماری بیونیک معرفی و مطابق روند پیشنهادشده، طراحی پوسته معماری از صدف آبالون با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری گراس هاپر، تجزیه و تحلیل، شبیه‌سازی موجودات طبیعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. بیونیک

واژه‌ی «بیونیک» (Bionic) از ترکیب دو لغت «بیولوژی» (Biology) و «فناوری» (Technology) تشکیل شده است. علم بیونیک، علمی میان‌رشته‌ای میان علوم مواد، زیست‌شناسی، مهندسی است که در آن درس‌های آموخته‌شده از طبیعت پایه و اساس علم مهندسی می‌شود. در این علم، بررسی ساختارهای زیستی، ایجاد روابط بین خواص و ساختار به منظور توسعه روش‌های پردازش و طراحی میکرو ساختاری برای مواد جدید است. محققان در دو دهه گذشته تلاش‌های قابل‌توجهی انجام دادند تا ساختار و سازوکارها فرای این عملکردهای مکانیکی به منظور تکثیر آن‌ها در مواد مصنوعی روشن شود. ساریکایا (Sarikaya) این علم را به دو قسمت تقسیم می‌کند:

۱. بیومیمتیکس(Biomimetics): درک صحیحی از سیستم‌های زیستی و استفاده از این مفاهیم در موارد مصنوعی با استفاده از فناوری فعلی
۲. بیوداپلیکیشن (Bioduplication): در مرحله پیشرفته‌تری است که در آن روش‌های جدید مانند مهندسی ژنتیک برای تولید یک طبقه از مواد جدید استفاده می‌شود. (Sarikaya, 1994, p. 360)

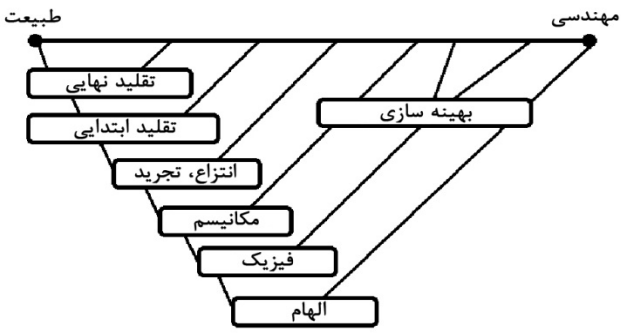
در سال‌های اخیر، از رویکرد بیومیمتیکس به عنوان یک سازوکار برای پیشرفت فناوری استفاده می‌شود. محققان بر اساس شباهت‌ها بین سیستم‌های طبیعی و سیستم‌های مهندسی، پارامترها را تعریف می‌کنند. در این میان محدودیت‌های الهام گیری بستگی به تفاوت‌های ساختاری و مکانیکی، دارد. هدف بیومیمتیکس و یا علم فرآیند زیستی تولید سیستم‌های

Archive of SID
www.SID.ir

مهندسی که دارای ویژگی، شباهت‌ها، یا تابع سیستم‌های زنده است، همچنین ایجاد یک موازنه معقول و واقع‌بینانه بین انسان و طبیعت؛ موازنه‌ای که با توجه به الهام گیری از طبیعت، نیازهای بشر را برآورده و سلامت طبیعت را در کنار سیستم‌های اکولوژیک از راه‌های زیر تأمین کند:

۱. استفاده بهتر از منابع با حداقل اجزا
۲. بهره‌گیری از حداقل انرژی جهت ساخت‌وساز
۳. ترکیبی مناسب از استحکام و زیبایی
۴. ظرفیت تولید به جای صرفاً مصرف

شکل ۲: دیاگرام بیومیمتیکس، روند ایده به ساخت مهندسی



(Vincent, p. 4)

۲. مراحل طراحی معماری بیونیک

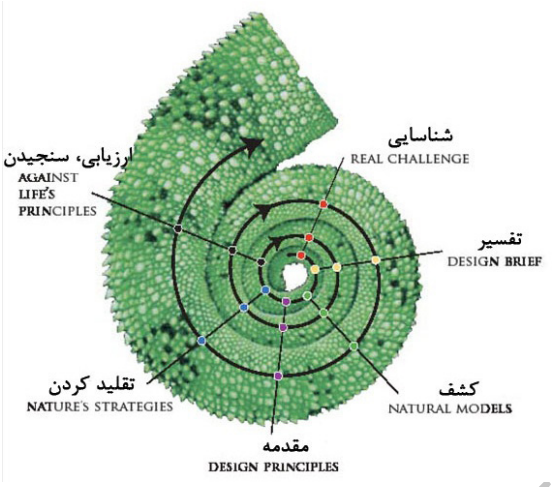
استفاده از فرم‌های بهینه‌شده‌ی طبیعی و الگو گیری از آن‌ها در ساخت فرم‌های معماری و ساختمانی می‌تواند علاوه بر کاهش زمان و هزینه، انعطاف‌پذیری لازم برای طراحی پوسته و خلق فرم‌های جدید در زمینه معماری و طراحی معماری را فراهم آورد. در اواخر قرن نوزدهم، دارسی تامپسون (D'Arcy Thompson) علم ریخت‌شناسی یا مورفولوژی (Morphology) را پایه‌گذاری کرد. او در کتاب دو جلدی خود(On Growth and Form) نشان داد که شکل‌ها و ساختارهای طبیعی علی‌رغم تنوع، پیچیدگی، ظرافت، غنا و زیبایی بر پایه اصل بقا و میل به ادامه حیات ارگانیزم‌ها شکل‌گرفته و به وجود آمده‌اند. همچنین آندریاس فانینگر(Andreas Fanynger) در کتاب خود به نام آناتومی طبیعت تکامل ساختار و فرم در طبیعت را واکنش هوشیارانه برای بقا دانسته است. در واقع فرم و ساختار طبیعی حاصل جریان پیوسته سازگاری با نیروهای محیطی است. طراحی بیونیک حرکتی است که از دهه شصت آغاز شد. ولی به دلیل محدودیت‌های فنی مانند عدم وجود میکروسکوپ‌های پیشرفته، عدم وجود نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، بهینه‌سازی پیشرفته و....تأثیر مشخصی در آن سال‌ها از خود برجا نگذاشت.

پس از مطالعات و بررسی، مراحل پیشنهادی برای طراحی معماری بیونیک به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد: (شکل ۳)

* مرحله اول: تعریف و شناسایی صورت مسئله
* مرحله دوم: تجزیه، تحلیل و تفسیر صورت مسئله
* مرحله سوم: جستجو برای یافتن و کشف راه‌حل‌های طبیعی، زیستی، بیولوژیکی
* مرحله چهارم: تعریف مقدمه‌ای بر راه‌حل‌های طبیعی، زیستی، بیولوژیکی
* مرحله پنجم: استخراج اصول و مبانی طبیعی، زیستی، بیولوژیکی و تقلید کردن
* مرحله ششم: ارزیابی، سنجیدن و کاربردی کردن اصول و مبانی

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳: مراحل پیشنهادی برای طراحی معماری بیونیک



(http://www.biomimicryinstitute.org)

بصورت کلی می‌توان گفت که طراحی بیونیک یک طراحی همگرا است. بدین معنا که گذشتن از هر یک از این مراحل به معنای اتمام مرحله نیست و در یک حرکت مارپیچی و بر اساس نیاز و روند طراحی دوباره به مراحل قبلی بازگشت وجود دارد.

* مرحله اول: تعریف و شناسایی صورت مسئله

این مرحله مهم‌ترین قسمت از مراحل طراحی معماری بیونیک است و از سه قسمت فرض سؤال، تجزیه عملکرد، بهینه‌سازی عملکرد، تشکیل شده است. طراح با نگاه عمیق به مفروضات و تفسیرهای ممکن صورت مسئله را تعریف می‌کند. در گذشته مهم‌ترین مشکل عدم وجود ابزار و نرم‌افزارهای لازم برای تجزیه و تحلیل بود اما هم اکنون با پیشرفت نرم‌افزارها و ابزار از جمله اسکن میکروسکوپ‌های مخصوص پیشرفت بسیاری حاصل شده است.

* مرحله دوم: تجزیه، تحلیل و تفسیر صورت مسئله، شامل مراحل زیر می‌باشد:
  - پرسش از زیست‌شناسان و بیولوژیست‌ها درباره دیدگاه طبیعت درباره صورت مسئله
  - ترجمه عملکرد طراحی به عملکرد طبیعت
  - چگونگی غلبه طبیعت بر صورت مسئله
  - تعریف مجدد فرضیه و سؤال‌های ابتدایی با در نظر گرفتن یافته‌ها و اضافه کردن کلیدواژه‌هایی مجدد
* مرحله سوم: جستجو برای یافتن و کشف راه‌حل‌های طبیعی، زیستی، بیولوژیکی
  - جستجو برای یافتن ارگانیسمی در طبیعت که صورت مسئله را به خوبی جواب داده باشد و حل کرده باشد.
* مرحله چهارم: تعریف مقدمه‌ای بر راه‌حل‌های طبیعی، زیستی، بیولوژیکی
  - یافتن الگوهای تکراری و فرآیندهای موجود در طبیعت که بر حسب تعریف صورت مسئله موفق هستند.
  - انتخاب مناسب‌ترین راهبُرد برای به چالش کشیدن طراحی
  - خلاصه‌برداری از لیست اصولی که باعث دستیابی طبیعت به موفقیت شده است.
* مرحله پنجم: استخراج اصول و مبانی طبیعی، زیستی، بیولوژیکی و تقلید کردن
  - گسترش دادن ایده‌ها و راه‌حل‌ها، بر اساس مدل‌های طبیعی
  - تقلید از فرم: پیدا کردن اصول مورفولوژی، شناخت تأثیر مقیاس، در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار بر فرم ارگانیسم
  - تقلید از عملکرد: در نظر گرفتن جزئیات روند بیولوژیکی، در نظر گرفتن عوامل موثر بر اثربخشی فرآیند برای موجود زنده
  - تقلید از اکوسیستم: در نظر گرفتن عوامل موثر بر اثربخشی فرآیند برای موجود زنده
* مرحله ششم: ارزیابی، سنجیدن و کاربردی کردن اصول و مبانی

در ادامه بر اساس روند پیشنهادشده برای طراحی معماری بیونیک، مراحل طراحی پوسته معماری از صدف آبالون مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا فرم صدف توسط منحنی‌های پارامتریک تعریف می‌شود و سپس فرم بهینه از نظر مقدار جابه‌جایی، تنش‌های ایجادشده و مساحت پوشیده شده محاسبه خواهد شد.

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۱- مرحله اول: تعریف و شناسایی صورت مسئله (پوسته‌ها)

پوسته‌ها سازه‌های با فرم پایدار، سازه‌هایی هستند که مقاومتشان را به وسیله شکل گرفتن مطابق با باری که بایستی تحمل کنند، به دست می‌آورند. (Golabchi, 2004, p. 236) این صفحات انحنادار بارها را از طریق کشش، فشار و برش منتقل می‌کنند، ضخامت آن‌ها بسیار کم است و به همین دلیل مقاومت خمشی آن‌ها پایین است و نمی‌توانند بارها را بصورت خمشی انتقال دهند. بصورت کلی، مقاومت پوسته‌ها به دلیل انحنای آن‌ها ایجاد می‌شود و منحنی کردن صفحات نازک حتی بدون تغییر تکیه‌گاه مقاومت را افزایش می‌دهد. پوسته‌های نازک کارایی خود را مدیون انحنا و پیچ و تاب‌های فرم خود هستند.

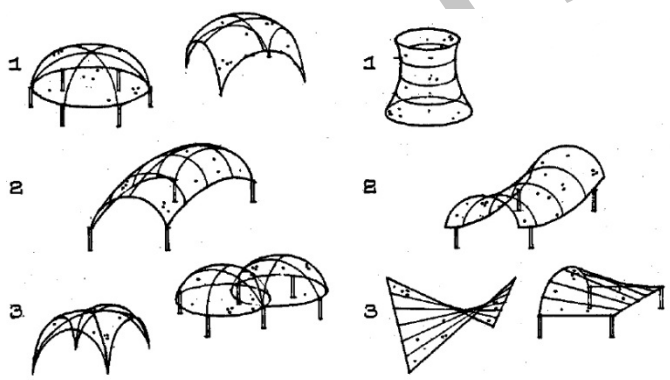
پوسته‌ها را با توجه به شکل ظاهری به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱. از چرخش یک منحنی حول یک خط (سطح دورانی)
۲. از انتقال خط روی یک یا دو امتداد (سطوح انتقالی)

در تقسیم‌بندی دیگری پوسته‌ها را به پنج دسته زیر تقسیم می‌کنند:

۱. پوسته‌های سین کلاستیک
۲. پوسته‌های قابل توسعه
۳. پوسته‌های آنتی کلاستیک
۴. پوسته‌هایی با فرم آزاد
۵. صفحات تاشو نده

شکل ۴: نمونه‌هایی از پوسته‌های موجود



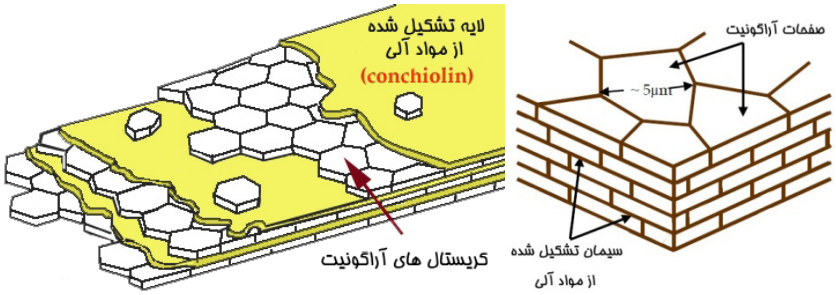
۲-۲- مرحله دوم، سوم، چهارم

نرم‌تنان اولیه با ساختار پوسته‌ای شبیه به فرم‌های مدرن و در حدود ۲-۵ میلی‌متر بودند. صدف‌های دریایی جانورانی متعلق به شاخه نرم‌تنان، در حدود ۵۴۵ میلیون سال پیش به وجود آمدند و حدود ۶۰۰۰ گونه مختلف را شامل می‌شوند. دارای بدنی بسیار صاف هستند و در بیشتر آن‌ها یک پوسته سخت برای محافظت از آن‌ها رشد می‌کند. در مقایسه‌ی استخوان انسان با صدف‌ها، استخوان انسان نرم تر اما قوی تر است. (150-200Mpa) / (E=20 Gpa). صدف آبالون حلزونی دریایی متعلق به طبقه گاستروپدا (Gastropodia)، خانواده هالیوتیداً و از جنس هالیوتیس است. شکل مارپیچ لگاریتمی پوسته صدف نمایشی از بالاترین سطح سازمان ساختاری میان پوسته نرم‌تنان است. مطالعه بر روی صدف‌ها پیشینه طولانی دارد. این مطالعات به وسیله هنری موسلی(Henry Mosley)در سال ۱۸۳۸ شروع شد و با مطالعات دیگری مانند داوکینس (Dawkins)، کورتی (Cortie)، تامپسون (Thompson)، راپ (Raup) ادامه یافت. مطالعات و تحقیقات آن‌ها بیشتر شامل زیست‌شناسی و در محدوده ریاضی، هندسی صدف و معماری نبود. در این مقاله، سه گونه از پوسته صدف آبالون Phaliotis Asinina از استرالیا، Haliotis & Haliotis gigantean از ژاپن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ۹۵% از توده صدف آبالون از آراگونیت است و طبیعتاً خواص مکانیکی صدف بایستی همانند آراگونیت باشد، اما مقاومت پوسته صدف آبالون تقریباً ۳۰۰۰ برابر مقاومت آراگونیت (کربنات کلسیم) تشکیل‌دهنده پوسته است. مدول الاستیسیته صدف ۷۰GPa می‌باشد که معادل مدول الاستیسیته آلومینیوم است. مقاومت کششی آن ۱۸۰ MPa و مقاومت فشاری آن ۵۰۰ الی ۷۰۰ MPa می‌باشد. (Jackson, Vincent & Turner, 1989, pp. 255-266) سازه‌ی ماده سازنده صدف آبالون از واحدهای شش ضلعی آراگونیت ساخته‌شده‌اند که علاوه بر اینکه ماده آلی منعطفی آن‌ها را به شکل آجر و ملات در لایه‌های متعدد روی هم قرار می‌دهد. (Katti, Katti & Mohanty, 2010, pp.193-211) (شکل‌های ۵ و

www.SID.ir

۶) مکانیزم پیچش اسپیرال و کام و زبانه‌ی خاصی که در شکل ۷ نشان داده شده است آن‌ها را در یکدیگر قفل می‌کند. (Katti, Katti, Pradhan & Bhosle, 2005, pp. 1097-1100)

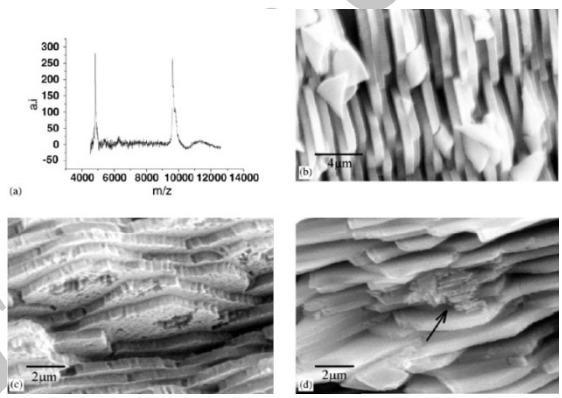
شکل ۵ و۶: قرارگیری صفحات شش ضلعی آراگونیت بر روی هم



(Katti, Katti & Mohanty, 2010, p. 195)

علی‌رغم مقاومت فوق‌العاده بالای پوسته آبالون در حال حاضر از دیدگاه معماری، مطالعه خاصی بر روی فرم این پوسته انجام نشده است. فرم پوسته صدف آبالون داری پتانسیل لازم برای الگوگیری در طراحی معماری پوسته‌های ساختمانی می‌باشد. حفره‌های لبه‌ی کناری پوسته را نیز می‌توان به عنوان روزنه‌های نورگیری ساختمان مورد بررسی قرار داد . در ادامه بر اساس فرآیند طراحی بیونیک و با مطالعه بر روی فرم پارامتریک صدف آبالون و بهینه‌سازی آن بر اساس تنش‌های حاصل از حالت‌های مختلف بارگذاری مانند وزن پوسته، جابه‌جایی ماکزیمم و سطح تحت پوشش علاوه بر معرفی فرم‌های جدید برگرفته از پوسته آبالون فرم بهینه از نظر سازه‌ای نیز بررسی گردد.

شکل ۷: لایه‌های آراگونیت



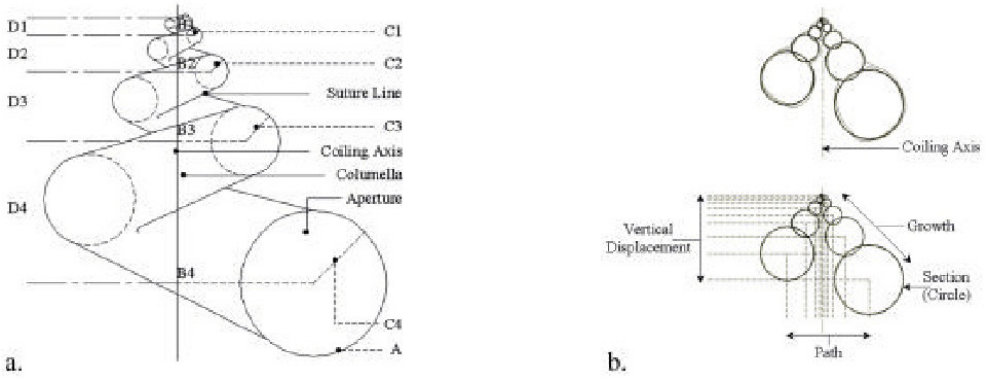
(Wanga et al., 2003, p. 367)

۲-۳- مرحله پنجم: استخراج اصول و مبانی طبیعی، زیستی، بیولوژیکی و تقلید کردن

شبیه‌سازی فرم پوسته صدف آبالون بدون تعریف آن به‌صورت توابع متعدد امکان‌پذیر نیست. برای این منظور لازم است که توابع مرتبط با فرم پوسته مورد مطالعه قرارگرفته و تأثیر تغییر پارامترهای آن بر فرم بررسی گردند. مطالعات نشان می‌دهد که هندسه صدف با چهار پارامتر اصلی می‌تواند بیان شود. شکل ۸ پارامترهایی که فرم صدف را تحت تأثیر قرار می‌دهد را نشان می‌دهد. هر صدف می‌تواند در یک فرم دیجیتال با رابطه متنوع میان چهار پارامتر ریاضی بازسازی شود. این پارامترها شامل مسیر، مقطع، رشد، فاصله عمودی می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۸: پارامترهایی که فرم صدف را تشکیل می‌دهند.



(Jirapong, Krawczyk, 2002, p. 2)

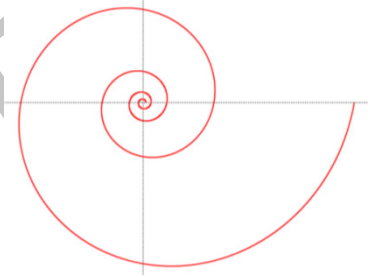
مهمترین تابع چند ضابطه‌ای که فرم صدف را شکل می‌دهد تابع اسپیرال طلایی می‌باشد که یک تابع قطبی است. در این توابع r معادل فاصله شعاعی نقطه‌ها از مرکز مختصات و Θ (بر حسب رادیان) زاویه‌ای است که خط واصل نقطه مورد نظر به مرکز مختصات با خط افق می‌سازد. برای تعریف دقیق اسپیرال طلایی ابتدا باید اسپیرال لگاریتمی تعریف گردد. معادله اسپیرال لگاریتمی به صورت کلی در معادله ۱ نمایش داده شده است.

معادله ۱: معادله اسپیرال لگاریتمی به صورت کلی

$$r = ae^{b\theta}$$

در این معادله e عدد نپر و a و bدو ثابت غیر منفی دلخواه هستند. در شکل ۹ یک منحنی اسپیرال لگارتیمی نمایش داده شده است.

شکل ۹: منحنی اسپیرال لگاریتمی



یک حالت خاص از منحنی اسپیرال لگاریتمی منحنی اسپیرال طلایی است که بر بعضی از فرم‌های موجود در طبیعت نیز منطبق است. این منحنی دارای معادله‌ای همانند معادله ۲ می‌باشد.

معادله ۲: معادله اسپیرال طلایی

$$r = a\varphi^{(\frac{2}{\pi})\theta}$$

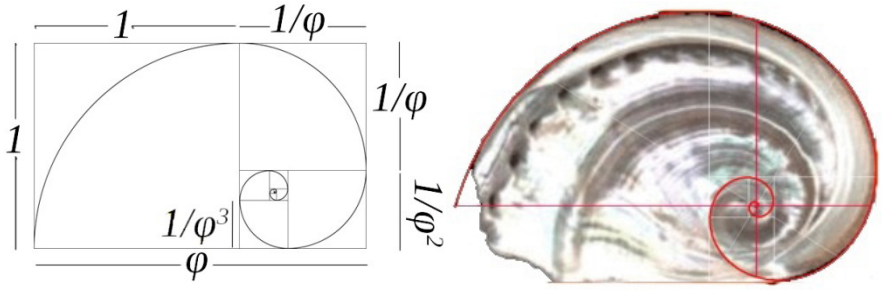
ϕکه در واقع همان عدد طلایی است معادل ۱,۶۱۸۰۳۳۹۸۹ می‌باشد. این عدد از معادله ۳ به دست می‌آید. در شکل ۱۰ نیز منحنی اسپیرال طلایی و رابطه آن با ϕ نشان داده شده است، همچنین شکل ۱۱ وجود اسپیرال طلایی را در پوسته صدف آبالون (گونه Parva) نشان می‌دهد.

معادله ۳: معادله محاسبه عدد طلایی ϕ

$$\frac{\varphi + 1}{\varphi} = \varphi$$

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱۰: منحنی اسپیرال طلایی و تخمین آن توسط مستطیل طلایی، شکل ۱۱: اسپیرال طلایی در آبالون Parva



از آنجایی که اسپیرالهای تشکیل‌دهنده فرم پوسته سه بعدی بوده و در طول منحنی ارتفاع آن‌ها نیز متغیر است بایستی رابطه اسپیرال به صورت پارامتریک تعریف شود. می‌توان تابع ضمنی اسپیرال طلایی را به صورت معادله ۴ نوشت. در معادله ۴ ضابطه z(t) می‌تواند تابعی دلخواه از t باشد. ساده‌ترین ضابطه برای ارتفاع نقاط می‌تواند به صورت (تغییر خطی) تعریف شود.

معادله ۴: تابع ضمنی اسپیرال طلایی سه بعدی به صورت پارامتریک

$$x(t) = a\varphi^{(\frac{2}{\pi})t}\cos(t)$$

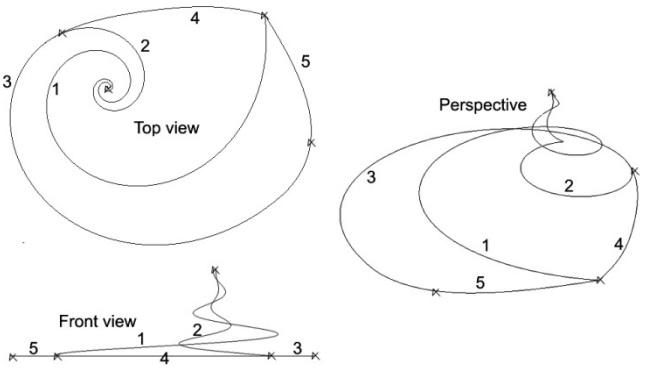
$$y(t) = a\varphi^{(\frac{2}{\pi})t}\sin(t)$$

$$z(t) = g(t)$$

مرحله ششم: ارزیابی، سنجیدن و کاربردی کردن اصول و مبانی

برای تعریف پارامترهای مولد سطح پوسته ابتدا بایستی این توابع را به صورت ساده‌شده تعریف کرد. بدین منظور می‌توان پوسته صدف آبالون را متشکل از تعداد پنج منحنی مختلف معرفی کرد. در شکل ۱۲ تمامی منحنی‌های مولد پوسته معرفی‌شده‌اند.

شکل ۱۲: منحنی‌های ساده‌شده‌ی مولد فرم پوسته از دیدهای مختلف

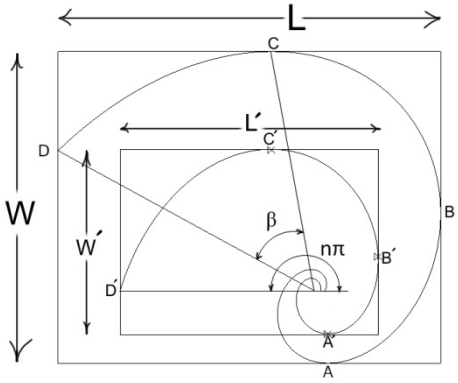


با توجه به شکل ۱۲، منحنی اسپیرال طلایی را می‌توان در چهار نقطه(A،B،C،D) در یک مستطیل طلایی محاط کرد. همچنین نقطه D' واقع بر روی اسپیرال کوچک‌تر معادل ۵ (°۹۰۰) برای پارامتر t می‌باشد. نقطه D به مقدار دلخواه (بر اساس زاویه) پس از نقطه C قرار دارد. می‌توان این مقدار را با β نشان داد. برای محاسبه ۴ نقطه محاط شده در مستطیل باید معادله نقاط مشخص‌شده را (A،B،CوD) به صورت پارامتریک محاسبه کرد. می‌توان علاوه بر پارامترهای معرفی‌شده در معادله ۵ سه پارامتر طول مستطیل(L) ، عرض مستطیل (W) و تعداد دور بر اساس رادیان قبل از شروع مماس A را نیز معرفی کرد (n). برای ترسیم اسپیرال کوچک‌تر کافی است که طول و عرض مستطیلی که در آن اسپیرال کوچک‌تر محاط شده است را مشخص کنیم(W , L'). منحنی ۲ شامل نقطه شروع اسپیرال تا نقطه A بوده و منحنی ۳ شامل منحنی AD می‌باشد. منحنی ۲و۳ عملاً یک اسپیرال واحد هستند که در نقطه اتمام منحنی ۲ ارتفاع اسپیرال به صفر

Archive of SID
www.SID.ir

رسیده و در واقع منحنی ۳ ادامه اسپیرال ۲ در صفحه افق ($z(t) = 0$) می‌باشد.

شکل ۱۳: منحنی اسپیرال طلایی محاط شده در یک مستطیل



به منظور اجازه به معمار برای داشتن ترسیم‌های متفاوت از اسپیرال محاط شده در مستطیل باید نقاط مماس شده را به صورت پارامتریک محاسبه کرد و سپس بر اساس طول و ارتفاع مستطیل معرفی‌شده به عنوان پلان، پارامترهای معادله را محاسبه کرد. اسپیرال طلایی یک حالت خاص از منحنی اسپیرال لگاریتمی است که می‌توان معادله ۴ را به صورت کلی تر در معادله ۵ نوشت:

معادله ۵: تابع ضمنی کامل اسپیرال سه بعدی به صورت پارامتریک

$$x(t) = a{\varphi_1}^{bt}\cos(t)$$

$$y(t) = c{\varphi_2}^{dt}\sin(t)$$

$$z(t) = g(t)$$

مشتق تابع ضمنی معادله ۵ برای در نقاط A و C و برای در نقطه B صفر می‌باشد. با مشتق‌گیری از معادله پارامتریک ۵ و قرار دادن مقدار صفر در نقاط مورد نظر داریم:

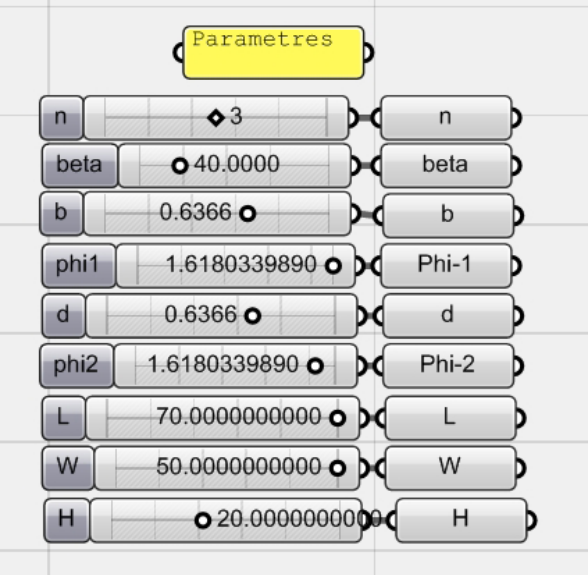
برای شبیه‌سازی مستطیل و اسپیرال محاط شده در آن و نقاط A، B، C و D از نرم‌افزار راینو(Rhino) و پلاگین گرس هاپر(Grasshopper) استفاده شده است که مخصوص فرم‌های الگوریتمیک معماری می‌باشد. پارامترهای قابل تعریف عبارت‌اند از:

- n به عنوان تعداد دور (رادیان) قبل از شروع اولین مماس(A) بر مستطیل
- L به عنوان طول مستطیل پلان
- W به عنوان عرض مستطیل پلان
- b و به عنوان پارامترهای تأثیرگذار بر شکل اسپیرال در راستای x.
- d و به عنوان پارامترهای تأثیرگذار بر شکل اسپیرال در راستای y.

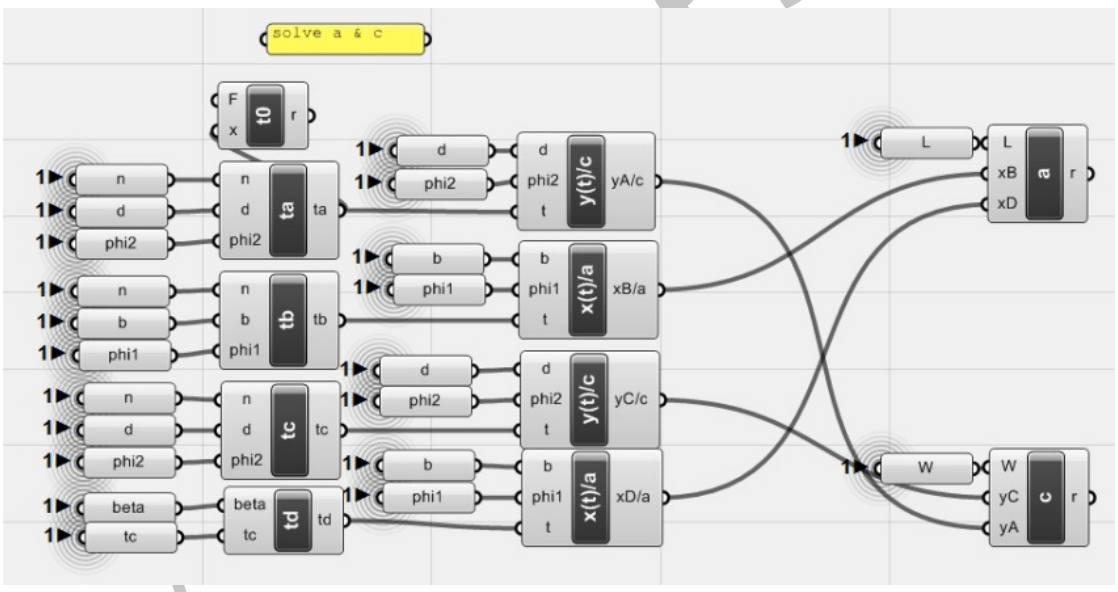
در شکل ۱۴ الگوریتم نوشته‌شده در برنامه گرس هاپر نشان داده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱۴: پارامترهای به کار رفته شده

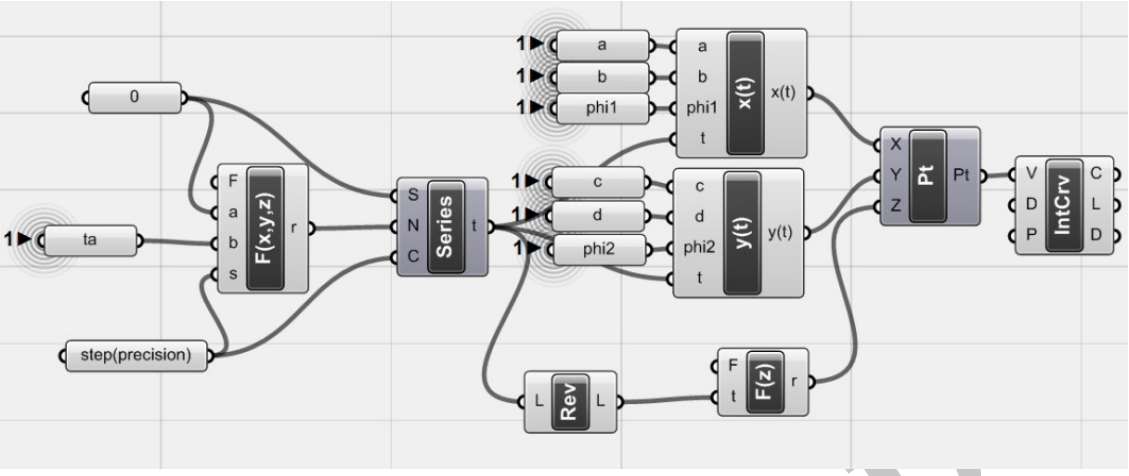


شکل ۱۵: به دست آوردن پارامترهای a و c برای ترسیم مستطیلی که منحنی در آن محاط است

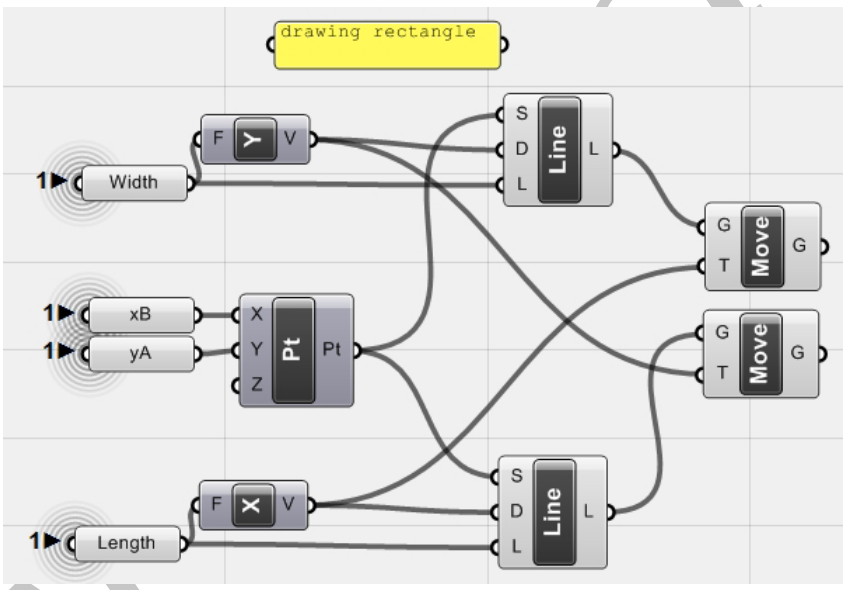


www.SID.ir

شکل ۱۶: الگوریتم به کار رفته برای ترسیم قطعات منحنی اسپیرال



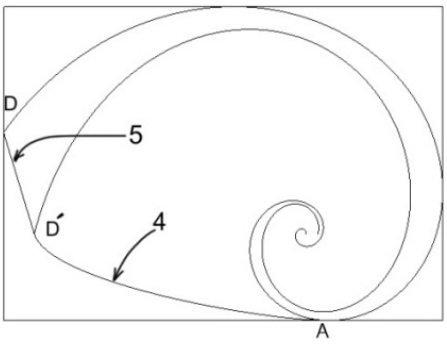
شکل ۱۷: الگوریتم به کار رفته برای ترسیم مستطیلی که اسپیرال در آن محاط است



برای زیباتر کردن فرم منحنی ۴ می‌توان به آن را به صورت منحنی نربز (Nurbs) معرفی کرد. منحنی‌های نربز (Nurbs Non-uniform Rational B-splines) یک نوع دیگر از معادلات ریاضی معرف منحنی می‌باشند که در ترسیمات کشیده شده توسط کامپیوتر از آن استفاده می‌شود. همان طوری که در شکل ۱۵ مشخص است می‌توان منحنی بزیر(Bezier،Curve)۴ را با معرفی کردن مماس‌های واقع بر D' و A که به ترتیب برابر بردار DD' و ضلع پایینی مستطیل است ترسیم کرد. برای راحتی کار می‌توان منحنی ۵ را یک خط راست تصور کرد ('DD).

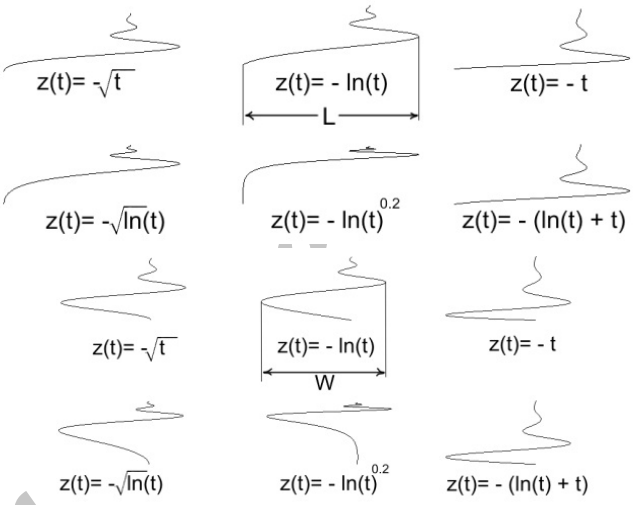
www.SID.ir

شکل ۱۸: منحنی‌های ۴ و ۵



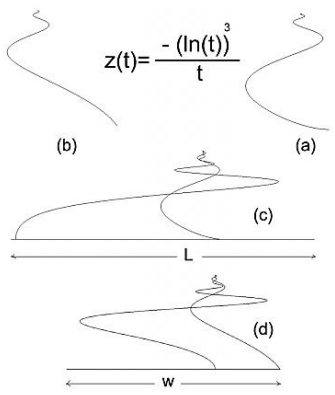
برای ترسیم منحنی ۱ و دادن ارتفاع دلخواه به آن ابتدا باید تابع Z را تعریف کرد که کیفیت تغییر ارتفاع را مشخص می‌کند. در این مرحله می‌توان فرم‌های متفاوتی تولید کرد. در شکل ۱۹ فرم‌های مختلف اسپیرال با توجه به تابع تغییر ارتفاع از دید طول و عرض نشان داده شده است.

شکل ۱۹: (الف) تغییر در تابع ارتفاع منحنی اسپیرال – دید از عرض ، دید از طول



برای ترسیم منحنی ۲ از آنجایی که طول طی شده برای رسیدن به ارتفاع کلی فرم کمتر از منحنی ۱ است شیب تغییر ارتفاع زیاد بوده و با منحنی قبلی متفاوت است. علاوه بر این برای حفظ یکپارچگی فرم لازم است که منحنی ۲ در محل اتمام مماس بر منحنی ۳ باشد. در شکل ۲۰ یک تابع مناسب برای منحنی ۲ نشان داده شده است.

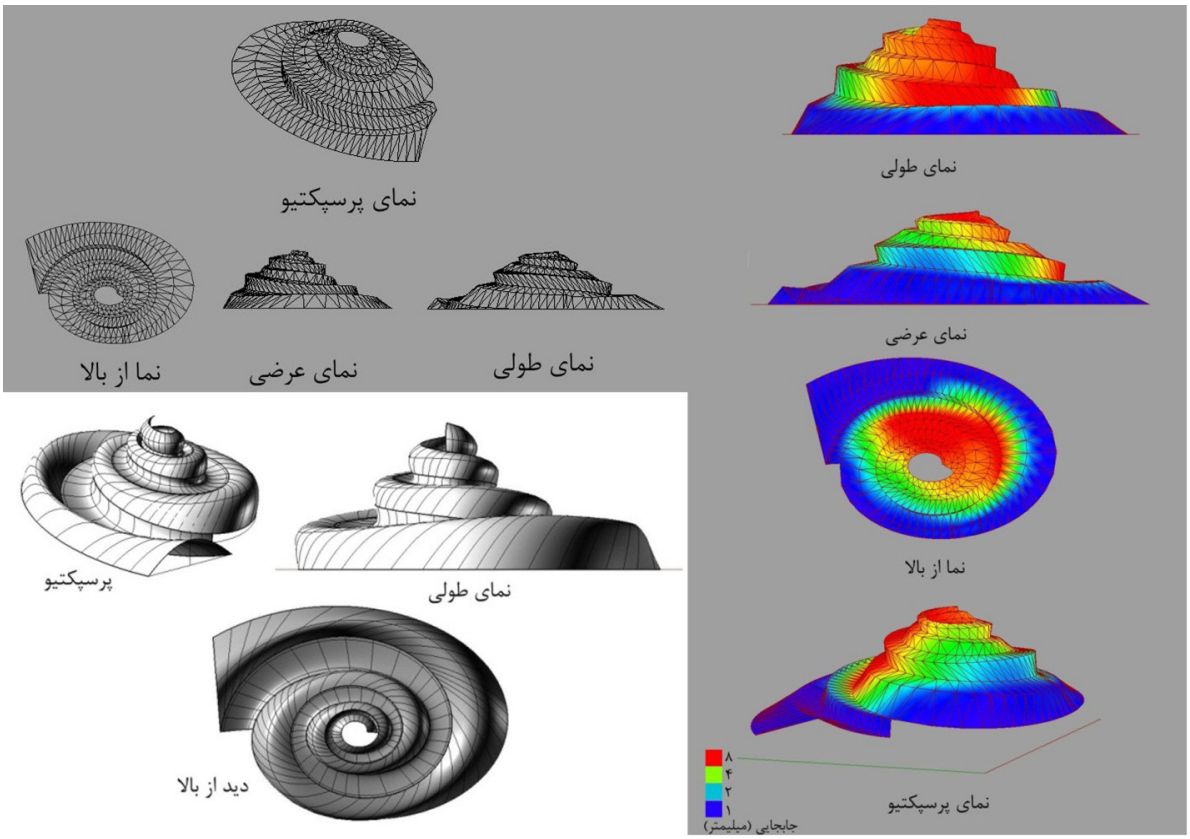
شکل ۲۰: تابع دلخواه مناسب برای منحنی ۲



www.SID.ir

برای ترسیم سه بعدی فرم صدف کافی است که منحنی ۵ بر روی منحنی‌های ۱ و ۲ و ۳ حرکت داده شود و منحنی ۴ نیز بر روی دو منحنی ۱ و ۲ حرکت کند. فرم‌های مختلف ساخته‌شده با مقاطع مختلف برای دو منحنی ۴ و ۵ در شکل ۲۱ نشان داده شده است(۱,۲= ϕ۱ و ۱,۲= ϕ۲). در نهایت طراحی معماری بیونیک که با الهام از صدف آبالون است به شکل زیر ارائه می‌گردد. با توجه به این نکته که در فضای داخلی این حجم، ستون برای نگه‌داری پوسته وجود ندارد، این حجم برای نمایشگاه، موزه، فروشگاه می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

شکل ۲۱: حجم شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار گرس هاپر



۴. نتیجه‌گیری

طبیعت منبع عظیمی است از مصالح، الگوها و تکنیک‌های تکامل‌یافته‌ای که به بهترین شکل با محیط خود در ارتباط است. این تکنیکها و الگوها از دید مهندسی و معماری به گونهای با یکدیگر هماهنگ شده‌اند که علاوه بر بهینه عمل کردن فرم و تأمین عملکرد بتوانند تنوع در آن و زیبایی را به همراه داشته باشند. بررسی هر یک از ساختارهای طبیعی به شکل مطالعات موردی می‌تواند درسی تازه در چگونگی هماهنگ کردن فرم و سازه به مهندسان بیاموزد.

در این مقاله، در قسمت اول با توجه به مطالعات و تجربیات نگارندگان، مبانی نظری علم بیونیک و با در نظر گرفتن طراحی‌های بیونیک که تا به امروز صورت گرفته، در شش مرحله روند طراحی معماری بیونیک پیشنهاد گردیده است. به طور کلی، برای یک طراحی بیونیک موفق، همکاری بین بیولوژیست‌ها و مهندسین، ضروری است. به این منظور ابتدا در طی مراحلی بایستی اطلاعات لازم را از بیولوژیست کسب کرده و سپس این اطلاعات را با دانش مهندسی تطبیق داده، به نظر می‌رسد که طراحی بیونیک، طراحی فردی نیست که فقط بر عهده طراح باشد، بلکه کار گروهی متشکل از همکاری رشته‌های مختلف است. در قسمت دوم بر اساس روند پیشنهادشده در قسمت اول، و به وسیله نرم‌افزار گرس هاپر که یک نرمافزار پارامتریک بر پایه‌ی روابط ریاضی است و امکان استفاده از پارامترهای اولیه و الگوریتم مولد برای تعریف فرم وجود دارد، الگوریتم موجود در پوسته‌ی صدف آبالون استخراج شد. به نظر می‌رسد، با الگوگیری از صدف آبالون در تولید فرم پوسته‌های آزاد، می‌توان به تنوع در تولید فرم‌های بر پایه‌ی اسپیرال دست یافت.

www.SID.ir

References

- Jackson, A.P., Vincent, J.F.V., Turner, R.M.)1989(. A Physical Model of Nacre, *Composites Science and Technology*, (Vol. 36), Issues 3, 255-266.
- Engel, Heino, *Structure Systems*, (A. Golsoorat Pahlavani, Trans.), Karang book, Tehran, Iran.
- F. V. Vincent, Julian*, Stealing Ideas from Nature*, Centre for Biomimetics, The University of Reading, U.K.
- Guo, D. (2011). *Microstructure and Crystallography of Abalone Shells*, University of Glasgow
- http://www.biomimicryinstitute.org
- Hernandez, C. R. (2006*). Thinking Parametric Design: Introducing Parametric Gaudi*. *Design Studies*,,(3) 27 309-324.
- Jirapong, K., J. Krawczyk, R. (2002). *Architectural Forms By Abstracting Nature*, Generative Art.
- Kalpana S. K., Dinesh R. K., Bedabibhas M. .)2010(Biomimetics Learning From Nature ISBN 978-953-307-025-4, 193-211
- Katti, K.S., Katti, D.R., Pradhan, S.M., and Bhosle, A., (2005), Platelet Interlocks Are The Key To Toughness And Strength In Nacre*, Journal of Materials Research*, (Vol. 20), No. 5, May 1100-۱۰۹۷.
- Ruskin, J., (1906*), The Seven Lamps Of Architecture*, George Allan, London.
- Salvadori, Mario G. (1907), *Structure in Architecture*; the building of buildings, (M. Golabchi ,Trans.), Tehran: University of Tehran.
- Spira Solaris Archytas-Mirabilis, THE PHEIDIAN PLANORBIDAE , www.spirasolaris.ca/sbb4d2c.html

Archive of SID

www.SID.ir