فرهنگ و زیست فناوری معماری

نشریه علمی فرهنگ و زیست‌فناوری معماری

ویژه‌نامه پاییز ۱۴۰۲، سال ۳، پیاپی ۱۰

بهینه‌سازی طراحی ابزارهای دستی با رویکرد بایومیمیکری؛ مطالعه موردی: عنکبوت آرژیوپ

زمان دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۰، زمان پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۰، زمان انتشار: ۱۴۰۲/۵/۲۱

سارا سادات تجاره[1] - استادیار، گروه طراحی صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

شهاب محمدی تویسرکانی- دانشجوی کارشناسی ارشد، طراحی صنعتی، دانشگاه هنر و معماری پارس، تهران، ایران.

مهنوش انصاری- کارشناس ارشد معماری و پژوهشگر مطالعات معماری، تهران، ایران.

چکیده

امروزه توسعه محصولات با فرم‌های ارگانیک و الهام از طبیعت رو به‌گسترش است. یکی از رویکردهایی در جستجوی فرم بهینه به مطالعه موجودات طبیعی و کشف نبوغ آن‌ها می پردازد، رویکرد بایومیمیکری است که در رشته‌های مختلف مورد توجه اندیشمندان قرار گرفته است. رویکرد بایومیمیکری معیارهای جدیدی را برای بهینه‌سازی فرم اشیا کاربردی انسان معرفی می‌کند که در پژوهش حاضر با بررسی نمونه موردی عنکبوت آرژیوپ، معیارهای طراحی برای ابزارهای دستی به منظور بهینه سازی فرم آن‌ها مشخص شده است برای این منظور روش تحقیق، «توصیفی- تحلیلی» بوده و در بخش عملی با کمک روش زیست‌شناسی به طراحی به تحلیل ویژگی‌های مورد مطالعاتی پرداخته شده است تا بتواند کمک کننده برای طراحان باشد. نتیجتا طراحان با رعایت اصول رویکرد بیومیمیکری با کمترین مصرف مواد و انرژی بهترین طرح‌ها را برای کاربران محصولات‌شان به ارمغان خواهند آورد.

واژگان کلیدی: بایومیمیکری، عنکبوت آرژیوپ، طراحی ابزار دستی.

[1] مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳۳۷۱۵۹۷، رایانامه: tejareh@wtiau.ac.ir

۱. مقدمه و بیان مساله

ابزار به‌عنوان وسیله‌ای که برای تغییر مواد خام در راستای تغییر کاربرد آن‌ها به کار گرفته شده، انسان را از یک موجود گیاه خوار بی‌خطر به یک موجود همه‌چیز خوار و درنده تبدیل کرده است که گاهاً خطرناک و گاهاً خلاق و کارآمد است. تمامی ابزارها به نوعی باعث بسط و گسترش قابلیت‌های جسمانی شده و به افزایش سرعت، قدرت و دقتی که طبیعت به ما داده است، کمک می‌نماید (کاچا، کارلز، ۱۹۹۹). اغلب اوقات، با زمان و منابع محدود، متغیرهای زیادی وجود دارد که نمی‌توان برای تجزیه و تحلیل جامع، مشکل را درست بررسی کرد. توسعه روش‌هایی برای بهینه‌سازی مدیریت زمان، مواد، هزینه انرژی، نیروی انسانی، در دسترس بودن ابزار و هزینه تعمیر و نگهداری در تحقیقات بسیار اهمیت دارد. برای این بهینه‌سازی ابتدای انقلاب صنعتی تمامی تصمیم‌گیری‌ها، انسان با چشمانی بسته نسبت به محیط‌زیست خود را محوریت قرار داد. همین امر مبدا تمام مشکلات زیستی بعدی انسان بوده و هم اکنون زمان تسلیم شدن در برابر مادر و مربی اصلی بشر یعنی طبیعت، فرا رسیده است. می‌بایست تمام تلاش‌ها در تعامل و متقارن با این بستر ناب و محدودی که در اختیار است، شکل بگیرد، امروزه کوچک‌ترین ابزار واسطه‌ای میتواند برای تغییر موثر باشد. ابزارها بدون شک قوی‌ترین فاکتور ارتقای فرهنگ و تکنولوژی، برای انسان‌ها نقش ایفا کرده‌اند. این فرایند در یک نگاه به چهار گروه ابزار تقسیم شده است (کاچا، کارلز، ۱۹۹۹). در این مقاله به بهینه‌سازی طراحی ابزارهای دستی با رویکرد بایومیمیکری و با مطالعه موردی: عنکبوت آرژیوپ پرداخته شده است.

۲. روش‌شناسی و پیشینه تحقیق

خودخواهی‌های انسان‌ها از انقلاب صنعتی به بعد باعث از بین رفتن اکوسیستم‌ها و نتیجتاً گونه‌های زیادی از حیات شده و فجایع محیط زیستی که امروزه شاهد آن هستیم؛ ازجمله تغییرات اقلیمی، طوفان‌ها و سیل‌ها را به بار آورده است. اما از اواخر قرن بیستم با تبیین رویکرد بایومیمیکری توسط اندیشمندان این حوزه توجه به طبیعت از نگاه غارت‌گرانه به نگاه تحسین‌آمیز تغییر کرد و باعث شد بشر همچون یک مربی به طبیعت بنگرد و سعی کند از طبیعت بیاموزد که چگونه بدون آسیب به محیط زیست زندگی را گسترش می‌دهد (تجاره، ۱۴۰۲، ص ۲). اندیشمدان تعاریف متعددی از رویکرد زیست تقلیدی ارایه کرده اند که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد.

جدول ۱. تعاریف اندیشمندان با گذر زمان از رویکرد بایومیمیکری؛ ماخذ: تجاره، ۱۴۰۲، ص ۲۹.

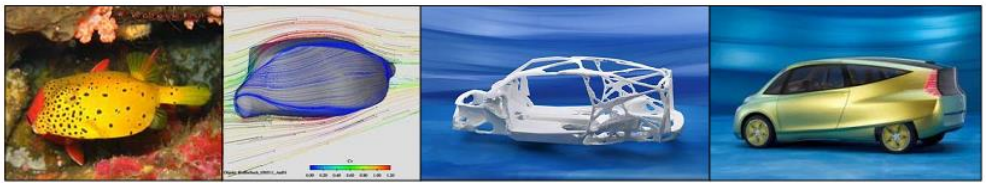
سال	نظریه و تعریف	نام محقق
۱۹۶۰	بایونیک: علم سیستم‌هایی که عملکردهایی کپی شده از طبیعت دارند، و یا به ویژگی‌هایی از سیستم‌های طبیعی شباهت‌هایی دارند.	جک ای. استیل
۱۹۸۹	شبیه‌سازی اکوسیستم‌ها با خلق تعادل فی مابین طبیعت و بشر.	فـــــراش و گالاپولوس

۱۹۹۷	بایومیمیکری: طبیعت به عنوان الگو، معیار، مربی علمی جدید که الگوهای طبیعت را مورد مطالعه قرار می‌دهد و سپس از این طرح‌ها و فرایندها برای حل مشکلات انسانی تقلید می کند یا الهام می‌گیرد.	جنین بنیوس
۱۹۹۸	به‌عنوان یک رشته علمی بیونیک به طور ساختاری با تولید و اجرا فنی فرآیندهای ساختن و توسعه اصول سیستم های زیستی در ارتباط است. همچنین شامل اشکال متنوع تاثیرات متقابل میان اجزا زنده و غیر زنده و نظام‌های مربوط به آن‌هاست.	وارنر ناختیگال
۲۰۱۳	رشته‌های طراحی و معماری می توانند دانش از دنیای بیولوژیکی را به منظور بهبود نحوه زندگی انسان‌ها بیاموزند مطالعه دنیای طبیعی، توجه به ارتباطات و تنوع طبیعت را در نظر می‌گیرد، و معماران می‌توانند از این دیدگاه یاد بگیرند تا عناصری طراحی کنند که بتوانند جزء جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های طبیعی باشند.	ایلاریا مازولنی
۲۰۱۳	بایومیمیکری اینست که یاد بگیریم کارها را آنطور که طبیعت انجام می‌دهد انجام دهیم و اشیا را آنطور که طبیعت می سازد بسازیم که با اینکار انقلابی در مصرف بهینه منابع ایجاد کرده ایم.	مایکل پاولین

۳. ادبیات تحقیق

۳-۱ بایومیمیکری

هر سازواره، منحصر به‌فرد و کاملاً با محیط خود سازگار است. با واکنش به نیاز خود و یافتن راه‌حل‌هایی که کارساز هستند، طبیعت تکامل می‌یابد. این مسئله در طول نسل‌های بی‌شمار گذشته، درحال آزمایش بقا برای دستیابی به‌نسل بعدی خود ادامه می‌دهد. این موضوع دامنه علم نوپای جدیدی است که بیومیمیکری نام گرفته است. به‌طور مشابه، این مفهوم که شامل اصطلاحات «زیست‌الگو»، «تقلید زیستی»، «زیستارشناسی»، و «زیست‌سازه‌شناسی»، در رشته‌های مختلف برای مطالعات و تحقیقات برای توسعه فن‌آوری پیشرفته‌تر با یادگیری از طبیعت استفاده می‌شود (محمودی‌نژاد: الف، ۱۳۹۸، گلابچی و محمودی نژاد: الف، ۱۳۹۸ و محمودی نژاد: ب، ۱۳۹۷). «بایومیمیکری» یک ابزار قوی است که فرآیندها و فرم‌های طبیعی را با توجه به فضای انسانی تفسیر می‌کند و عوامل ثابت طراحی مثل فرم، عملکرد، ساختار و مواد را از هم جدا نمی‌کند (آریان مهر و همکاران، ۱۴۰۲) و درنتیجه معیارهایی جهت بهینه‌سازی فرم‌ها ارایه می‌کند.



تصویر ۱. نمونه تقلید از طبیعت (بیومیمکری) در طراحی صنعتی؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

۳-۲ رویکرد علمی در بایومیمیکری

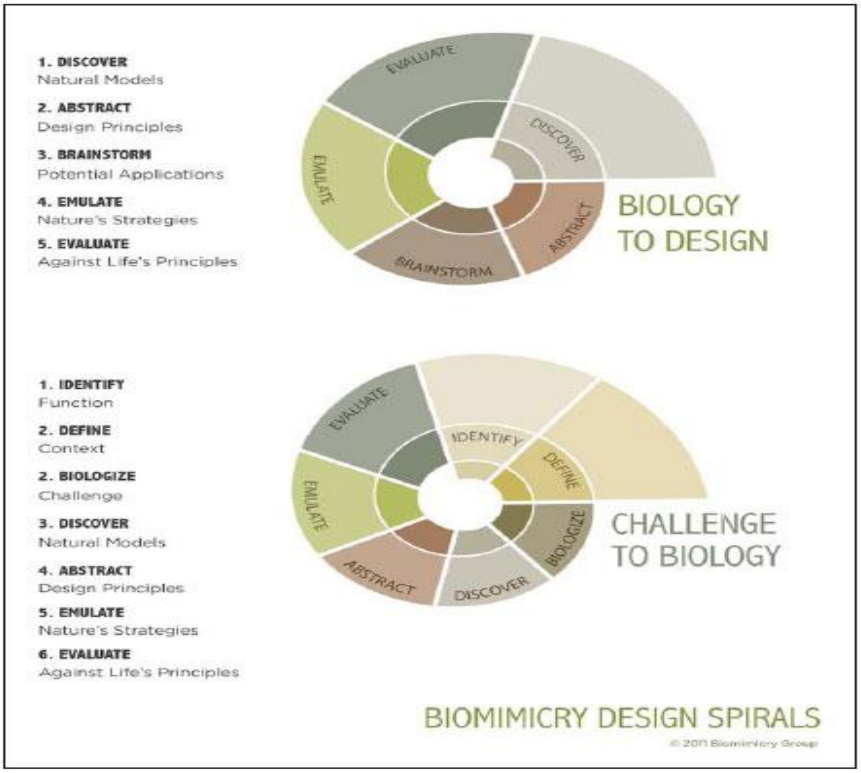
یافتن راه‌حل برای «طراحی با الهام از طبیعت»، یکی از رویکردهایی است که باید در آموزش طراحی مورد حمایت قرار گیرد. در این مساله به لحاظ تاریخی، معماران مشاهده کرده‌اند که چگونه زندگی در محیط و طبیعت ادامه دارد و لذا تلاش می‌کنند طراحی را با این محیط تطبیق دهند. اگرچه اشکال مختلفی از طراحی «زیست‌الگوسازی» یا «زیست‌الهام» (bio-inspired) از سوی محققان و متخصصان در زمینه معماری پایدار مورد بحث قرار گرفته است (Reed, 2006, Berkebile, 2007)، کاربرد گسترده بیومیمیکری به عنوان یک روش طراحی معماری تاحد زیادی قابل تحقق است، همان‌طور که تعداد کم مطالعات موردی نیز این موضوع را نشان داده است (Faludi, 2005)، یعنی برای این‌که حقیقتاً بیومیمیکری اتفاق بیفتد، طراحی باید به علم طبیعت نه فقط ظاهر آن، آگاهی داشته باشد. طبیعت همه نوع فرصت را به این معنا به آن‌ها نشان می‌دهد؛ لذا تعداد زیادی از مکانیزم‌ها و طرح‌هایی که موجب تحسین می‌شوند، توانایی غنی‌سازی بسیاری از زمینه‌های زندگی با بیعت و الگوبرداری از آن را دارند. درنتیجه افزایش انباشت دانش و توسعه فرصت‌های تکنولوژیکی، این پتانسیل به تدریج هر روز خود را آشکار می‌کند.

تصویر ۲. نمونه بیومیمیکری در طراحی شیشه‌های خودتمیزشونده از لوتوس؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

«بیومیمیکری»، روشی است که در زمینه طراحی در هر دوره تاریخی، چه آگاهانه یا غیر آن با نتایج مثبت آزمایش شده است. دانشمندان از روش علمی برای رسیدن به دانش و بسط آن در علوم تجربی استفاده می‌کنند. این روش روشی پایه‌ای برای همه تحقیقات علمی زمان حاضر است، زیرا مبتنی بر شواهد و در راستای اهداف است. این فرآیند نوعی استدلال استقرایی است و حرکت از جزء به کل در آن دیده می‌شود و سعی بر آن دارد تا مشاهدات را به الگوها برساند تا بهتر به طرز کار جهان پی ببرند. در مرحله اول مشاهدات یک پدیده طبیعی انجام می‌شود سپس یک فرضیه برای توضیح این مشاهدات آماده می‌شود، پیش‌بینی‌هایی که فرضیه را دنبال می‌کنند نیز در همین مرحله شکل می‌گیرند، اما در طراحی یا فرآیند خلاقانه بیشتر روندی قیاسی و استنتاجی انجام می‌شود که از دانش و مطالعه اصول کلی منجر شده و به راه حل‌های خاص می‌رسند. تصمیمات با انجام هر گام و عبور از هر مرحله قطعی‌تر می‌شوند. این در مقایسه با روش علمی که اجازه تغییر می‌دهد متفاوت است. فرآیند خلاقانه اولیه، به‌ویژه در مرحله ابتدایی نقش بسیار سازنده‌ای در طرح نهایی دارد

(Mazzoleni، 2013، P28). در رویکرد بیومیمکری دو روش برای حل مسایل اجرا می‌شود، که در نمودارهای زیر خلاصه می‌شون (مک‌نب، ۱۳۹۲). در این نمودارها از شکل مارپیچی برای نشان‌دادن گام‌های تکراری روند در پروژه استفاده شده است؛ همان‌طور که در طبیعت هم جوانه روندی تکراری را پیش‌رو دارد اما به نوبه خود در آن زمان و مکان پدیده‌ای نو است. از لحاظ محتوایی می‌توان گفت دو مارپیچ وجود دارد:

- مارپیچ زیست‌شناسی به طراحی و
- مارپیچ چالش زیست‌شناسی.



7.6 The Biomimicry Design Spirals showing approaches to applying nature's solutions to specific design problems. Courtesy: The Biomimicry Institute.

نمودار ۱. مارپیچ‌های طراحی در بایومیمیکری؛ ماخذ: مک‌نب، ۱۳۹۲

۳-۳ طراحی با مارپیچ زیست‌شناسی

وقتی روند طراحی با مارپیچ زیست‌شناسی به طراحی اجرا می‌شود، یک طراح استراتژی‌های شگفت‌انگیز و انواع سازگاری‌های طبیعی را مورد بررسی قرار می‌دهد و یاد می‌گیرد که چگونه از آن‌ها به‌عنوان یک دستورالعمل برای پروژهٔ خود استفاده کند. وقتی که از مارپیچ چالش زیست‌شناسی استفاده شود، طراح با یک مشکل طراحی مواجه شده و اکنون جهان طبیعت را می‌گردد تا ببیند طبیعت برای برطرف‌کردن مشکلی مشابه چه پاسخی داده است و درنهایت از استراتژی‌هایی که

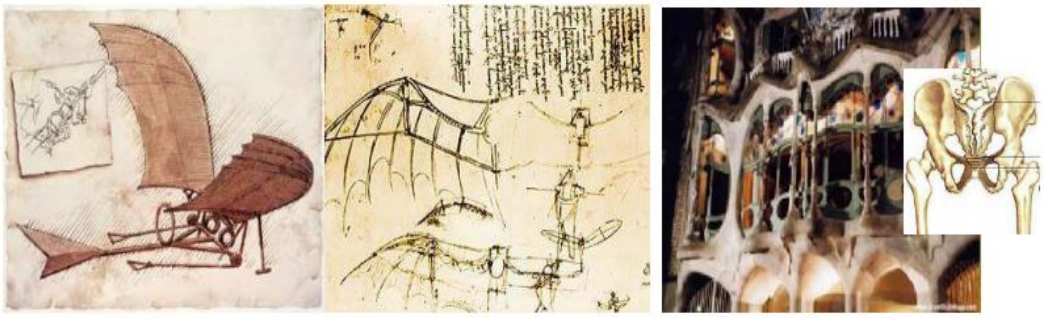
مربوط به فرایندهای طبیعی و اصول طبیعی هستند استفاده می‌کند. روش زیست‌شناسی «خِرَدِ طبیعت» را به‌ارمغان می‌آورد و نه‌تنها در طراحی فیزیکی، بلکه در طراحی خدمات همچون فرایند تولید بسته‌بندی و حمل‌ونقل و توزیع هم می‌تواند به تصمیم‌گیری‌هایی خلاقانه بیانجامد. مراحل زیر در طراحی با استفاده از مارپیچ چالش زیست‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند (مک‌نب، ۱۳۹۲):

۱) تشخیص، پی‌بردن به نیاز و تعریف دیزاین‌بریف یا همان مختصر اهداف[۱].
۲) تعریف محدودهٔ طراحی براساس بایدها و نبایدها و ویژگی‌ها.
۳) تفسیر و ترجمه، زیستی‌کردن سؤال و مطالعه در زیست‌شناسی تا ملاحظه گردد که طبیعت به چه صورت مشکل را حل کرده.
۴) الگوهای طبیعی با عملکرد مشابه مورد بررسی قرار گیرند.
۵) خلاصه برداری از معیارهای اصلی یافت شده.
۶) تقلید، ایده‌ها براساس یافته‌ها خلق شوند و بسط آنها صورت پذیرد.
۷) ارزیابی، دریافت اینکه طراحی چگونه با معیارهای طبیعی ارزیابی می‌شود و چه میزان در این راستا موفق بوده است.

۳-۴ مراحل رویکرد بایومیمیکری

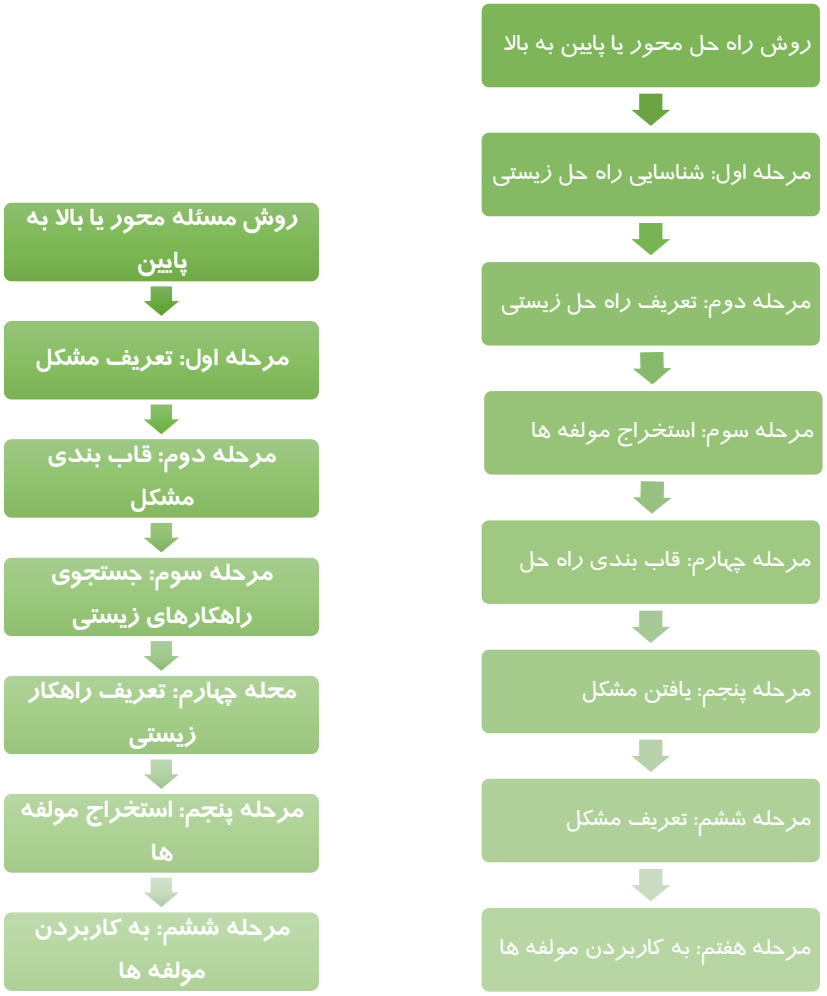
«جانین بنیوس» بعنوان بنیان‌گذار جنبش بیومیمیکری شناخته شده است. او یک نویسنده علوم‌زیستی بسیار معتبر است که با نگاه به طبیعت بعنوان منبع کلیدی الهام، بعدی جدیدی به طراحی اضافه کرده است. افراد زیادی به مطالعه دقیق جانین بنیوس و بیومیمیکری پرداخته‌اند. یکی از این افراد، «مایبریت پدرسن‌زاری» است که استاد دانشگاه ویکتوریا در ولینگتون است. او با انجام تحقیقاتی، جدولی پدید آورده که با ارتباط بین زیست‌شناسی، طبیعت و معماری نظریات اساسی و ایدئولوژی-های بیومیمیکری را تعیین می‌کند. با بررسی ایدئولوژی‌های بیومیمیکری و کارهای دیگر دانشمندان، طراحان و نویسنده‌ها، «مایبریت پدرسن‌زاری» توانست بیومیمیکری را در چهار مقوله یا سطح جادهد: *ارگانیسم، رفتار، اکوسیستم و سازه* (گلابچی و محمودی نژاد: الف، ۱۳۹۸، ص ۶۷).

تصویر ۳. بایومیمیکری با تقلید از سوسک زراسه و سمور آبی؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.



تصویر ۴. بایومیمیکری و طراحی: الف) ماشین پرواز بر اساس بال پرندگان از لئوناردو داوینچی و ب) اسکلت بدن در ساگرادا فامیلیای آنتونی گائودی؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

در همین راستا «موسسه فناوری جورجیا» مراحل زیر را برای استفاده از رویکرد بایومیمیکری ارائه کرده است که در روش مساله محور همان روند طراحی به زیست‌شناسی دنبال شده و در روش راه حل محور همان روند زیست شناسی به طراحی دنبال شده (Al-Obaidi et al , 2017):



نمودار ۲. مراحل استفاده از رویکرد بایومیمیکری؛ ماخذ: ترسیم نگارندگان.

۳-۵ طراحی ابزار

در پژوهش پیش رو جهت رشد طراحی ابزار، از رویکردی نوین به طراحی ابزارکه بسیار خلاقانه است استفاده شده در این رویکرد که رویکرد بایومیمیکری یا زیست‌تقلیدی نام دارد به طبیعت به عنوان الگو نگاه می شود و با نگاه به طبیعت و تعمق و الگوبرداری از آن ایده‌های نو به طراحان داده می‌شود که در تحقیق پیش‌رو به این موضوع با الهام از عنکبوت آرژیوپ پرداخته شده است.

جدول ۲. تقسیم‌بندی ابزارها؛ ماخذ: نگارندگان.

	گروه ابزار	تعریف	مثال
۱	ترکیب و اتصالی	که دو یا چند بخش به هم افزوده میشوند و مدل ساخته می‌شود	آچار بکس
۲	کاهشی	که از طریق کاهش یک شی بزرگتر ساخته می‌شوند.	مغار، سوهان و...
۳	با ماهییت ارتباط‌دهی	چند بخش و شی مجزا کنار یکدیگر قرار میگیرند.	تیر و کمان
۴	هم افزایی	دو یا چند بخش که کار مشابهی را انجام می‌دهند.	کپی تراش

۴. بیان یافته‌های تحقیق

در پژوهش انجام شده روش از زیست‌شناسی به طراحی بوده که پس از بررسی نمونه مطالعاتی یعنی عنکبوت آرژیوپ معیارها بررسی شدند و با توجه به روش خاص عنکبوت برای ابزار سازی و ایجاد بستر مناسب و چند کاربردی برای انجام فعالیت‌های مورد نظرش طراحی ابزار دستی به عنوان یک ایده مناسب و قابل تفسیر انتخاب شد.

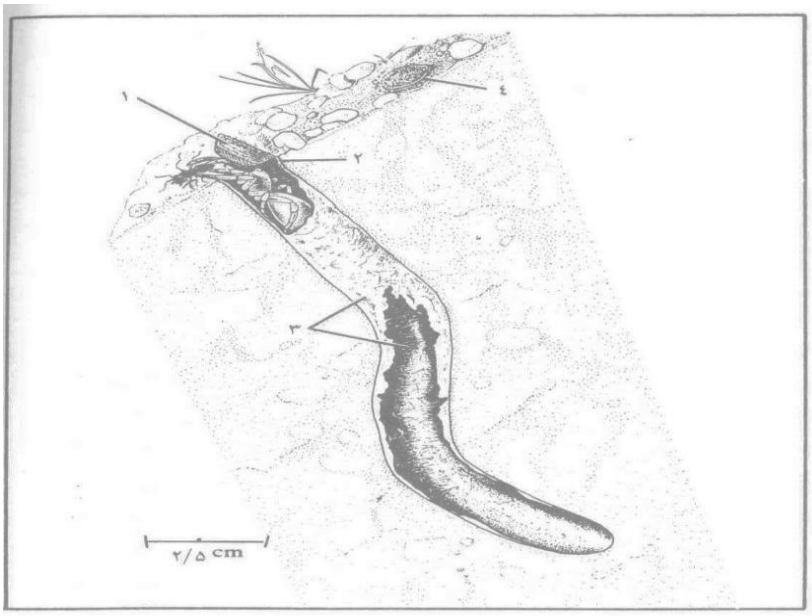
نمودار ۳. نحوه الگوبرداری از طبیعت در معماری بیونیک؛ ماخذ: گلابچی و محمودی نژاد، ۱۳۹۸، ص ۸۷.

۴-۱ بررسی نمونه موردی زیستی

الگوی طبیعی در این پژوهش عنکبوت آرژیوپ آرنتینا (عنکبوت زرد باغی، عنکبوت نویسنده، عنکبوت زیگ‌زاگی، عنکبوت صورت نقره‌ای) است. عنکبوت‌ها از جمله شکارچیان غالب بر سطح زمین هستند؛ شاید آن‌ها نمی‌توانند پرواز کنند، اما توانایی این را دارند که مانند بالون سوار بر باد فواصل طولانی را طی‌کنند و پراکنده شوند، لذا به عنکبوت‌ها اجازه می‌دهد تا تمام قاره‌ها را به جز قطب جنوب مستعمره خود کنند (Foelix RF. 2011). این‌گونه اولین بار توسط «هیپولیت لوکاس»[۱] در سال ۱۸۳۳ میلادی معرفی و نام‌گذاری شد. این عنکبوت در ایالات متحده، هاوایی، جنوب کانادا، مکزیک و آمریکای مرکزی یافت شده است (Yakubova, 2015). دارای نقوشی زرد و سیاه متمایز بر روی شکم و سفالوتوراکس[۲] عمدتا سفید است. نام علمی لاتین آن به «صورت نقره‌ای طلاکاری شده» ترجمه می‌شود (نام Argiope به معنای صورت نقره‌ای است، و نام خاص Aurantia به معنای مطلا است). عنکبوت ممکن است ساعت‌ها در انتظار حشره‌ای بیحرکت باقی بماند. زمانی که حشره‌ای- غالباً مورچه - از نزدیکش عبور کند برق‌آسا به سوی او یورش می برد. مورچه را می گیرد و به انتهای تونل می‌کشاند. هم زمان در تونل نیز خود به خود بسته می‌شود. این عنکبوت زمان پوست اندازی در ورودی لانه را از داخل با تار محکم می‌بندد تا در این شرایط که برایش امکان بروز خطر فراوان است از هر نوع حادثه‌ای در امان باشد. در موقع تخم گذاری نیز طی مدت طولانی تری همین کار را می کند. در این مدت عنکبوت مادر در انتهای لانه از تخم هایش، که در درون پیله ای گذارده است، به دقت مراقبت می کند. نوزادان عنکبوت پس از خروج از تخم مدت یک سال یا بیشتر با مادرشان می‌مانند و سپس لانه را به قصد آغاز زندگی مستقل ترک می‌کنند.

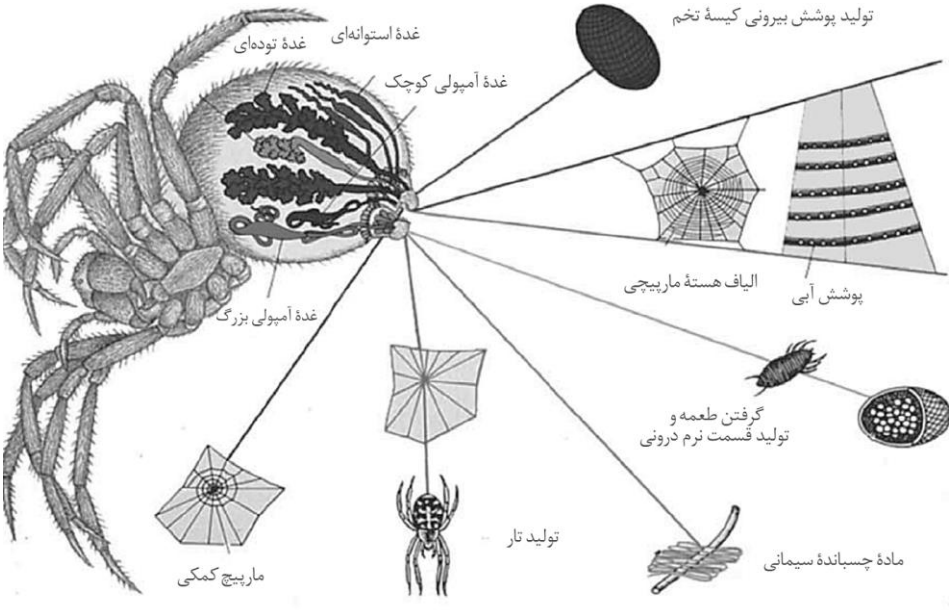
[۱] حشره شناس فرانسوی Pierre-Hippolyte Lucas

[۲] سفالوتوراکس یا پروزوما قسمت قدامی بیشتر دو قسمت بدن عنکبوتیان است (بخش دیگر شکم یا اپیستوزوم). سفالوتوراکس شامل چشم ها، دهان و پاهای عنکبوتیه است. سفالوتوراکس سفت تر از شکم است و حاوی ماهیچه هایی است که برای عمل اندام ها استفاده می شود.



نشـــریـه علمی فرهنـگ و زیست فناوری معماری، سال ۳، ویژه نامه شماره ۱۰

تصویر ۵. تونل عنکبوت تونل ساز (*Nemesia* cementaria) داخل خاک خشک شیبدار، عنکبوت داخل تونل در انتظار طعمه نشسته است، و در حالی‌که ۱- در تونل را نیمه باز نگهداشته مورچه ای را شکار کرده است؛ ۲- لولای در تونل؛ ۳- قسمتی از تونل و پوشش تار آن برش داده شده است؛ ۴- در بسته تونل دیگری کمی بالاتر از اولی دیده می شود.



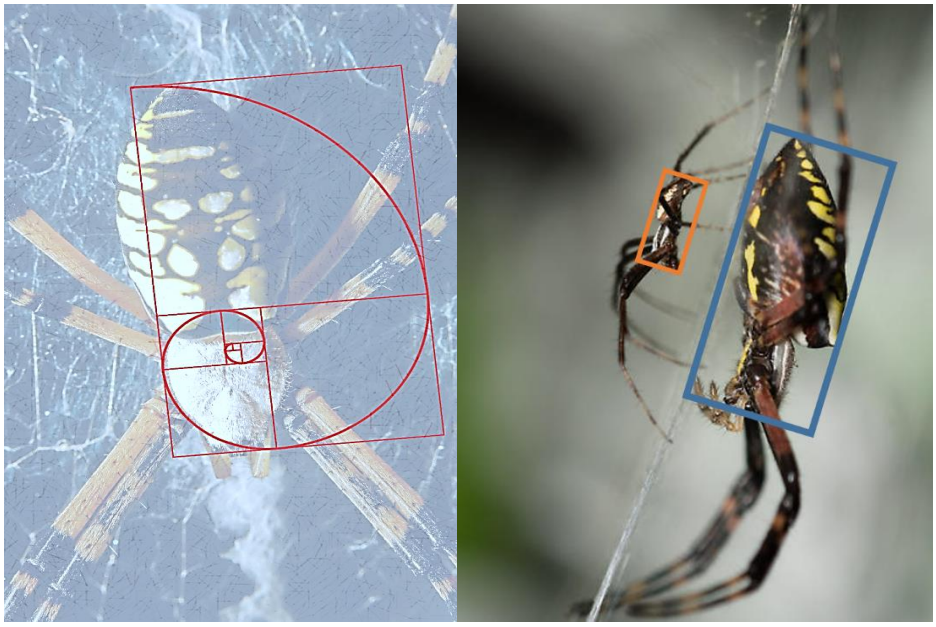
تصویر ۶. ساختار بدن عنکبوت؛ ماخذ: نگارندگان.

طول بدن نرها از ۵ تا ۹ میلی‌مترمتغیر است. ماده‌ها طول بین ۱۹ تا ۲۸ میلی‌متر دارند. آرژیوپ‌ها معمولاً در فضاهای آفتابی و محفوظ از باد تار می‌تنند و مخفی می‌شوند. همچنین می‌توانند در

سایه‌های اطراف ساختمان یا هر گونه پوشش گیاهی که بلند باشد و دارای امنیت تار بتنند (Enders F.1997). تار او معمولا قطری برابر با قطر ۵۰ سانتی‌متر و در ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر از زمین تنیده می‌شود. تار ماده با یک زیگزاگ متراکم از ابریشمی در مرکز منقوش شده است. نقوش مرکز تار او ممکن است به عنوان استتار برای کمین و یا جذب شکار و یا حتی هشدار به پرندگان از حضور تار عنکبوت باشد. عنکبوت‌های جوان ترجیح می‌دهند که تارهای خود را به سمت منبع نور قرار دهند (Enders F.1973). میانگین زاویه شبکه تارهای آرژیوپ (اندازه‌گیری شده از افق) ۲۸,۹ درجه در فضای باز و ۳۲,۵ درجه داخل جنگل بوده است. همچنین براساس گزارش‌ها تارهایی با زوایای تندتر نسبت به شبکه‌هایی با زوایای کم، طعمه و حشرات پرنده بیشتری را جذب می‌کنند (Sujatha Sampath ,2015).

تصویر ۷. تار عنکبوت ماده؛ ماخذ: ارشیو نگارندگان.

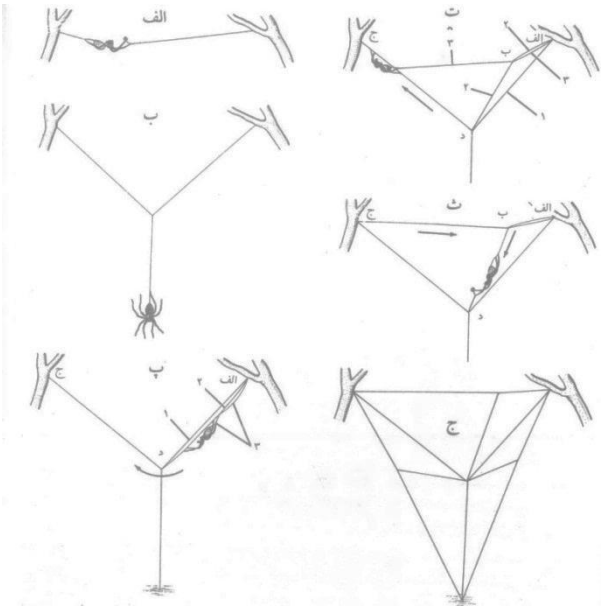
تناسبات طلایی در ساختار ظاهری این عنکبوت دیده می‌شود. نتایج بررسی زیبای شناسی عنکبوت، در تصاویر پیش‌رو قابل مشاهده است.

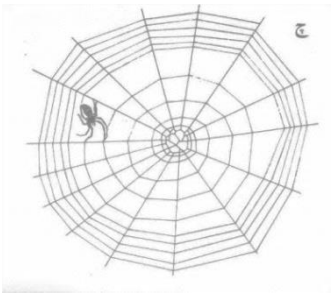


تصویر ۸. سمت راست (تناسبات آرژیوپ ماده و نر)، سمت چپ (تطبیق مارپیچ طلایی و بدن آرژیوپ)؛ ماخذ: ارشیو نگارندگان.

عنکبوت‌ها بدون هیچ‌گونه راهنمایی کلیه مراحل پیچیده کار را مثل مادرشان انجام می‌دهند و بی‌هیچ آموزشی حتی می‌توانند از شرایط خاص محلی به صورت مطلوب بهره برداری کنند. حال ببینیم عنکبوت‌ها چگونه تار می‌تنند؟ توضیح دقیق آن کار ساده‌ای نیست و شرح کامل آن از حوصله بحث خارج است. فرض کنید عنکبوت مورد نظر ما روی تنه درختی نشسته است. این عنکبوت برای اینکه بتواند تورش را بتند ابتدا باید از جایی که نشسته است پلی به ستون دیگری بزند. همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد در قسمت تحتانی شکم عنکبوت تعدادی مجرای مخروطی شکل خروج تار وجود دارد. این مجاری قادرند نازکترین تارها را تولید کنند. عنکبوت ابتدا شکمش را بلند می‌کند و کمی تار ترشح می کند. بدین ترتیب تار تولید شده به شکل بادبزن یا پره پنکه در می‌آید و با خفیف ترین باد به حرکت در می آید. سپس مجدداً مجاری را به یکدیگر نزدیک می کند تا تارها به هم بچسبند و از کلیه مجراها فقط یک تار خارج می شود. بدین‌ترتیب با تنیدن تار چیزی شبیه یک بادبادک ساخته می شود که با وزش باد به حرکت درمی‌آید. البته چنانچه این تار، در ضمن حرکت با باد، به جایی بند نشود، عنکبوت نمی‌گذارد تارهایش هدر برود. بلافاصله آن‌ها را می‌خورد و مجدداً با طی همان مراحل تار می‌تند. در صورتی که تار عنکبوت به شاخه درخت و یا جسم دیگری برخورد کند به آن می چسبد و عنکبوت به شاخه درخت و یا جسم دیگری برخورد کند به آن می چسبد و عنکبوت هم بی معطلی با پاهای جلو تار را می‌گیرد و شروع به خوردن آن می‌کند و درحالی‌که به جلو حرکت می‌کند از عقب تار خشک می‌تند. در این‌حال تار بیشتری تولید می‌کند به طوری که پل به طرف پایین شکم می‌دهد. عنکبوت سپس به وسط پل می‌آید و تار جدیدی به آن جا وصل می‌کند و از همانجا خود را به سوی زمین رها می‌کند. پس از برخورد با زمین یا سطح اتکاء، چند قدمی به طرف جلو یا عقب می رود سپس تار خود را به زمین متصل می کند. تا این مرحله سه پایه اصلی اتکا لانه توری بنا شده است. چند قدمی که عنکبوت به طرف جلو یا عقب بر میدارد باعث شیب مختصری در ساختمان لانه میشود که برا حرکتش بر روی تارها بسیار ضروری است.

از این مرحله ساختن چارچوب لانه آغاز می‌شود. عنکبوت مجددا به وسط پل (نقطه د)، جائی که در آینده سکوی انتظار لانه‌اش خواهد شد، باز می‌گردد و درحالی‌که تار می تند به نقطه الف می‌رود. بدین ترتیب بین دو نقطه د و الف دوتار کشیده می‌شود. بار دیگر همین مسیر را طی می‌کند و تار می تند در نتیجه سه ردیف تار بین این دو نقطه می‌سازد. در مرحله بعد تارهای ۲ و ۳ را مطابق شکل به هم می‌چسباند. سپس از نقطه ب، محل اتصال تارهای ۲ و ۳ بسوی نقطه د می رود و از آن جا به آنسوی پل یعنی نقطه ج می رود. ضمن انجام این کار تار کمتری خارج می‌کند تا تارهای ۱ و ۲ از یکدیگر جدا شوند و تار ۳ را به نقطه ج می بندد. عنکبوت با این کار ستون جدید ب. د را که نقش چارچوب خارجی لانه را بازی می‌کند، می‌سازد. اما این بخش کار هنوز تمام نشده است، به طوری‌که در شکل نیز پیدا است خط ب. د بیش از اندازه کشید و کوتاه است.





تصویر ۹. چگونگی ساخته شدن تور عنکبوت: الف) پل، ب) عنکبوت در امتداد تارش به طرف زمین می آید، بدین ترتیب سه ستون شعاعی اولیه ساخته می شود، پ) سپس تارهای مضاعف ۲ و۳ را به هم متصل می کند و با اضافه کردن به طول ۳ چارچوب تور را می سازد، ت) چارچوب اولیه تور ساخته شده است، ث) به طول چهارمین ستون شعاعی افزوده می شود؛ ج) دو بخش دیگر ساخته شده است؛ چ) مارپیچ موقت قبلی را از بین می برد. نقطه ب به د و خوردن تار قدیمی از جلو و تنیدن تار خشک از عقب طول تار بین ب و د را افزایش می‌دهد. در ضمن انجام این عمل عنکبوت در حقیقت جزیی از پل می‌شود. با همین روش ستون های دیگر لانه را نیز می‌سازد. تارهائی که در نقطه مرکزی ستون‌های لانه را به یکدیگر متصل می کنند، محل دیده بانی و سکوی انتظار عنکبوت خواهند شد.

۵. نتیجه‌گیری و جمعبندی

«بیومیمیکری» (شامل «بیو» به‌معنای «زندگی» و «میمِسیس» به معنای «تقلید») حوزه جدیدی است که به مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت و تقلید از این طرح‌ها و فرآیندها به حل مشکلات انسان می‌پردازد. رویکردی که نسبت به فرآیندهای طراحی داریم این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به‌خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. اغلب این عنکبوت‌ها در طول زندگی خود محدوده زندگی خودشان را تغییر نداده‌اند. مانند دیگر عناصر طبیعت، بنا به وظیفه خود در جهت حفظ چرخه طبیعت خود را با آن وقف داده و تمامی ابزارهایشان را برای همگام‌سازی با این چرخه مقدس، هوش‌مندانه انتخاب و آگاهانه استفاده کرده‌اند. آنچه بایست منبع الهام طراح ابزار، قرار گیرد؛ توجه به طبیعت، تشخیص دغدغه‌های انسانی در محیط‌زیست او، تعریف قواعد برای مواجهه و قبول کردن طبیعت به مثابه معلمی کامل جهت حل همان دغدغه است.

جدول ۳. سطوح الگوبرداری بایومیمکیری؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

سطوح بایومیمیکری در طراحی ابزار	مراتب و اولویت‌های سنجش در طراحی	نمونه قابل استفاده در طراحی ابزار
ویژگی‌های ارگانیسم و موجودات زنده	ویژگی‌های فرمال شامل شکل، رنگ، رفتار حجمی، شفافیت	ابزار با شکل بیومورفیک عنکبوت و جنبه های رنگ، حجم و غیره.
	سازماندهی و سلسله‌مراتب بخش‌ها و سیستم‌ها	استفاده از سلسله مراتب سیستم های بدنی و فیزیولوژیکی عنکبوت
	ساخت مواد و فرایند	مصالح گزینی بایوفیلیک از محیط بوسیله عنکبوت
	مورفولوژی، آناتومی، مودالیتی و الگوها	مورفولوژی عنکبوت و استفاده از آن
	قابلیت حمل و تحرک	فرآیند حرکت و تحرک عنکبوت و..
	سیستم‌هایی که شامل ارگان، دستگاه گوارش، گردش خون، دستگاه تنفسی، اسکلتی، عضلانی، عصبی، دفع ادراری، حسی، سیستم‌های حرکتی	ارگانیسم داخلی عنکبوت

در امتداد این کندوکاو الگو زیستی به‌منظور یافتن راه‌حلی برای طراحی ابزارهای طبیعت‌دوست چند مؤلفه مورد توجه قرار گرفت. شاید برداشت این چند مولفه از رفتار مدل زیستی، در پروسه طراحی ابزار دستی بتواند برخی مشکلات را برطرف کند:

۱) ***خلق بستری برای ایجاد کانون توجه کاربر:*** *خلق چهارچوب رفتاری برای حل مسئله. تار توسط آرژیوپ تنیده می‌شود و تمام اتفاقات به شعاع تار محدود و متمرکز خواهند شد.*

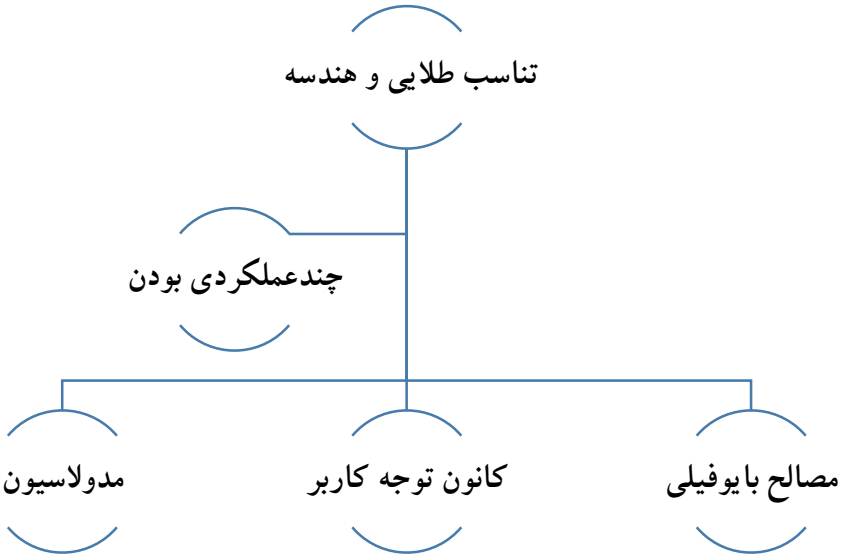
۲) ***چندین عملکرد:*** *شبیه به رفتاری که عنکبوت آرژیوپ در تنیدن تار داشت؛ الگویی ثابت در ساختار اولیه و در پایان با یک شخصی‌سازی در نقوش زیگ‌زاگ که علاوه‌بر کاربرد استراتجیک در شکار، کاربرد زیبایی هم داشت.*

۳) ***تناسبات هندسی:*** *همانطور که در ابعاد و اندازه های این عنکبوت دیده میشود بسیاری از نسبتهای طلایی در ابعاد فیزیکی جاندار وجود دارد که رعایت نسبتهای زیبایی شناسی در طرح نهایی باعث خوشایندی ظاهری محصول می شود.*

۴) ***مدولاریتی:*** *ایجاد شبکه‌ای از تعاملات بین اجزایی که در عین حال که استقلال عمل‌کردی دارند و ولی در سیستم متصل و در یک راستا کار می‌کنند، مودولاریتی نامیده می‌شود. برای ایجاد چند عملکردی و بهینه‌سازی فرم با الهام از مدل طبیعتی، مودولاریتی فاکتوری*

دارای اهمیت خاص بوده چراکه در طبیعت هیچ یک از اجزا تداخلی در نظم کل مجموعه ندارد، به‌همین جهت در آغاز بررسی نمونه زیستی تا پایان پروسه همواره هر رفتاری از مدل زیستی دیده شده، تابع قرینه خود در طبیعت بوده است. به‌عنوان مثال اگر وسط تار ارژیوپ نقش زیگ‌زاگ تنیده شده، به‌خاطر اعلان خطر برای پرندگان است تا با آن برخورد نکنند و مثالی دیگر، اکثر اوقات شکار و طعمه‌های این عنکبوت از جثه‌ی خودش بزرگتر نبوده است غیر ازحشرات گروه دیگری از جانوران را شکار نکرده است و یا در مشاهدات میدانی دیده شد که ساک تخم‌ها جنس و خاصیت اولین وعده غذایی از پیش آماده شده برای عنکبوت‌های تازه به دنیا آمده بودند.

۵) **استفاده از مصالح دوستدار طبیعت:** عنکبوت مادر پس از مرگ توسط عنکبوت‌های تازه به دنیا آمده خورده می‌شود! هیچ اثری از پایان چرخه حیات وجود ندارد و همچنان با همان الگو طبیعت جاری است. پس هر محصول در آخرین نقطه مسیر کاربردی خودش باید بتواند راه حلی برای ادامه حیات در چرخه عمر مفیدش داشته باشد.



نمودار ۴. الگوهای قابل استفاده از عنکبوت در طراحی ابزار؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

(*) 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) تجاره، سارا سادات، حبیب، فرح و کامران کسمایی، حدیثه. (۱۴۰۲). تدوین مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی جهت بهبود اکولوژی شهری، مطالعه موردی: اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات. *فصلنامه علمی پژوهش های بوم شناسی شهری* (۱) ۳۰. ۱-۱۸.

۲) کاچا، کارلز (۱۹۹۹). ترجمه جبراییل نسل سراجی، لیلا ابراهیمی و بهزاد فولادی(۱۳۸۴). ارگونومی و ایمنی در طراحی ابزار.

۳) گلابچی، محمود و محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۸) بیونیک در طراحی معماری: نظریه ها و مدلها، تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

۴) گلابچی، محمود و محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۸) دانشنامه معماری بیومیمیکری و بیوفیلی، تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

۵) گلابچی، محمود و محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۸) معماری بیومورفیک و زومورفیک، تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

۶) گلابچی، محمود و محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۸) معماری بیومیمیکری و بیوفیلی، تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

۷) محمودی نژاد، هادی: الف (۱۳۹۷) معماری بیومیمیکری: تقلید از طبیعت در طراحی، انتشارات طحان.

۸) محمودی نژاد، هادی: ب (۱۳۹۷) معماری بیولوژیک: معماری پایدار، تهران: انتشارات طحان.

۹) محمودی نژاد، هادی: پ (۱۳۹۷) معماری بیونیک، تهران: انتشارات طحان.

۱۰) مک نب، مگی، ترجمه سارا سادات تجاره(۱۳۹۲) طراحی با الگوهای طبیعی، فرهنگسرای میردشتی، تهران.

11) Benyus, J. (1997). Biomimicry - Innovation Inspired by Nature. New York, Harper Collins Publishers .

12) Faludi, J. (2005). Biomimicry for Green Design (A How To). World Changing .

13) Al-Obaidi, Karam M., Muhammad Azzam Ismaila, Hazreena Husseinb, Abdul Malik Abdul Rahman, Biomimetic building skins: An adaptive approach, 2017, Renewable and Sustainable Energy Reviews 79 (2017) 1472–1491

14) Mazzoleni, Ilaria.(2013). Architecture follows nature - Biomimetic principles for innovative design, California.

15) Foelix RF. Biology of Spiders, third edition. Oxford University Press, New York, New York, USA(2011)

16) Hammond, George. Argiope aurantia at the University of Michigan's Animal Diversity Web. 2007

17) Yakubova, Aleksandra. (2015). Adelphi University ProQuest Dissertations Publishing.4

18) *Enders F. (1973). Selection of the habitat by Argiope aurantia Lucas (Araneidae). The American Midland Naturalist 90: 47-55*

19) Reed, B. (2006). Shifting our Mental Model "Sustainability" to Regeneration. Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings. Sarasota, Florida .

20) Enders F. (1997). Web-site selection by orb-web spiders, particularly Argiope aurantia Lucas. Animal Behavior 25: 694-712.
21) Sujatha Sampath and Jeffery. L. Yarger.(2015) .Structural hysteresis in dragline spider silks induced by supercontraction: an X-ray fiber micro-diffraction study.
22) Wagner, G. P., Pavlicev, M., & Cheverud, J. M. (2007). The road to modularity. Nature Reviews Genetics, 8(12), 921-931.

چکـــــــیده لاتین

Sara Sadat Tejareh - *Assistant Professor, Department of Industrial Design, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
Shahab Mohammadi Tuyserkani- *Master's student, Industrial Design, Pars University of Art and Architecture, Tehran, Iran.*
Mahnoosh Ansari- *M.Sc. in Architecture, senior architectural expert and architectural studies researcher, Tehran, Iran*

.

Optimizing the design of hand tools with a biomimicry approach; Case study: Argiope spider

Abstract

Today, the development of products with organic forms and inspired by nature is expanding. One of the approaches in the search for the optimal form studies natural beings and discovers their genius. The biomimicry approach introduces new criteria for optimizing the form of human practical objects, and in this research, by examining the case study of the Argiope spider, the design criteria for hand tools in order to optimize their form have been determined. For this purpose, the research method It is "descriptive-analytical" and in the practical part, with the help of the biological method, the characteristics of the studied case have been analyzed in order to help the designers. As a result, designers will bring the best designs to the users of their products by following the principles of the biomimicry approach with the least consumption of materials and energy.

Keywords: *biomimicry, Argiope spider, hand tool design.*

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:

تجاره، سارا سادات، محمدی تویسرکانی، شهاب و انصاری، مهنوش. (۱۴۰۲) **بهینه‌سازی طراحی ابزارهای دستی با رویکرد بایومیمیکری؛ مطالعه موردی: عنکبوت آرژیوپ**، بوطیقای معماری. ۳(۱۰)، ۴۳-۶۰.

DOI: 10.52547/ijba.11.3.3
DOR: 20.1001.1.28212398.1402.5.3.3.3
URL: www.ijba.ir/fa/downloadpaper.php?pid=149&rid=18&p=A