Journal of Sustainable Architecture and Environment
Vol 2, No 6, Summer 2024
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
ISSN (Online): 2981-0892

Research Paper

Structural Analysis of Biomimicry in Architecture with Hoestrich's Biology Spiral and Kilmer's Design Process

Shahab Ilka[*]: Department of Urban Planning, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Shahin Ilka: Department of Urban Planning, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2024/06/16 **PP** 59-70 **Accepted:** 2024/12/07

Abstract

Biological discoveries are increasing exponentially and designers should make the most of these effective solutions and new developments. Nature surrounds us and when designers spend time being "biological" and asking nature how these ecosystems work, they are inspired and influenced by the positive effects of how to create indoor environments that act like nature. They are placed there. In this research paper, the design process that nature uses is compared with the design process that interior designers use to solve their problems. The research method is descriptive-analytical and argumentative analysis of successful case examples in relation to the interaction of nature and design in biomimicry architecture. Research findings have shown that although designers use time-tested tools and methods, such as programming, schematics, and design development, now a bio-mimicry approach is needed to explore nature's database. to be able to find sustainable solutions and innovations. According to the present study and according to what we will see next, the only thing that nature does to solve a problem in a different way than designers is to "biologicalize" the problem by asking the question, what do you want your design to do? And that's the opposite of what designers ask: What do you want to design?

Keywords: Nature, Biomimicry, Biology, Design Process, Biological Spiral Design Challenge

Citation: Ilka, Sh., Ilka, Sh. (2024). **Structural Analysis of Biomimicry in Architecture with Hoestrich's Biology Spiral and Kilmer's Design Process,** *Journal of Sustainable Architecture and Environment*, 2 (6), 59-70.

[*]. **Corresponding author:** Shahab Ilka, **Email:** hadiurban08@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

The Biomimicry Institute defines biomimicry as an approach for evaluating design criteria, considering nature as a model, guide, and evaluator (Biomimicry Institute, 2007). This method imitates natural processes and ecosystems at all design levels to offer sustainable solutions (Benyus, 2002). Since nature has already solved many design challenges, mimicking its methods can lead to positive outcomes (Michigan, 2010). This article compares the design process in nature with that of interior design. The Biomimicry Institute introduces the "Biological Spiral Design Challenge" as a tool to guide designers, incorporating the "Life's Principles" framework (Hastrich, 2006). These principles, consisting of nine natural laws, direct design towards efficient energy use and nature-inspired solutions (Benyus, 2002). This study emphasizes the necessity of integrating biomimicry into the interior design process and explores the role of the biological spiral in interior architecture.

Methodology

The interior design method derived from Kilmer and his reference book Designing Interior Spaces reflects the underlying assumption of this study: an improved design process ultimately leads to a better design outcome (Kilmer, 1992, 98). This model was chosen for two reasons: its similarity to Hastrich's model in defining "the relationship between the design process and project phases" and positive feedback from educators and professionals supporting its effectiveness. This study compares Kilmer's design process with Hastrich's Biological Spiral Design Challenge to reinforce the argument that designers should incorporate a "biological" phase into their process. Nature provides a vast biological toolbox to help interior designers solve problems without harming the environment (The Biomimicry Guild, 2010). This research examines two biomimicry case studies that led to innovative products: structurally designed fabrics inspired by protein layers on butterfly wings and antimicrobial surface technologies mimicking shark skin. Historically, interior design has not formally integrated biomimicry into standard practice, with only a few professionals considering it an optional approach.

Results and discussion

The study initially focused on a comparative analysis of the Biological Spiral Design Challenge and Kilmer's design process to evaluate their differences and similarities. A graphical representation of both processes was created to support this analysis. The key distinction lies in their approach: traditional designers ask, What do you want to design?, whereas biomimicry asks, What do you want your design to do?—biologizing the process. This fundamental difference highlights the need for interior designers to integrate biomimicry into their problem-solving process. By incorporating biomimicry in the design phase, designers can create truly sustainable solutions (National Resources Defense Council, 2024).

Conclusion

Biomimicry has emerged as a viable approach to solving human challenges sustainably. In 2008, the architectural firm HOK partnered with the Biomimicry Guild to integrate biomimicry into problem-solving, a groundbreaking initiative. HOK, a leader in green design, sought to biologize architecture, reinforcing the study's argument that interior designers should collaborate with biomimicry institutions. The Biological Spiral Design Challenge guides designers through nature's strategies, using biological principles to develop innovative solutions. This process involves defining the problem, identifying constraints, studying biological responses, summarizing key findings, and applying biomimetic ideas. The study concludes that incorporating biomimicry in design leads to sustainable innovations. However, Janine Benyus warns that merely adopting a few biomimetic technologies won't ensure sustainability. True impact arises when systems function like ecosystems—interconnected and self-sustaining. To create sustainable environments, designers must use minimal resources, ensure closed-loop systems, recycle waste, generate energy, and design habitats that support long-term human survival.

References

1. 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
2. Ask Nature. "Wing scales Scatter and Diffract Light: Morpho Butterflies," http://www.asknature.org
3. Benyus, J. (1997). Biomimicry - Innovation Inspired by Nature. New York, Harper Collins Publishers .
4. Benyus, Janine M., Biomimicry: Innovation Inspired by Design, New York: Harper Perennial, pp. 2-7, 2002.
5. Benyus, Janine, Tim Mcgee and Sherry Ritter, "Biomimicry in Community Planning," Biomimicry Institute, 2009. http://www.biomimicryinstitute.org/
6. Berkebile, Bob, Jason McLennan. "The Living Building: Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature," http://elements.bnim. com/resources/livingbuildingright.html
7. Biomimicry Institute, "Biomimicry: A Tool for Innovation," 2007-2010. http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/biomimicry-a-tool-forinnovation. html
8. evaluation of building skins with a biomimetic approach to improve urban ecology: Case study of Barin Ski Lodge, Shemiranat. Urban Ecology Research Journal, 30(1), 1-18. [In Persian]
9. Faludi, J. (2005). Biomimicry for Green Design (A How To). World Changing .
10. Gendall, John, "Biomimicry: Architecture That Imitates Life," Harvard Magazine, 2024. http://harvardmagazine.com/2009/09/architecture-imitates life
11. Golabchi, M., & Mahmoudinejad, H. (2019). Biomimicry and biophilic architecture. Pars University Press. [In Persian]
12. Golabchi, M., & Mahmoudinejad, H. (2019). Encyclopedia of biomimicry and biophilic architecture. Pars University Press. [In Persian]
13. Hastrich, Carl, "The Biomimicry Spiral," Biomimicry Newsletter, The Biomimicry Guild, Vol. 4.1. 2006. http://biomimicry.typepad.com. newsletter/files/biomimicry_newsletter_v4. pdf
14. HCC Group, "Lavasa Corporation," 2010. http://www.hccindia.com/. lavasa_corporation.php
15. HOK News Articles. "HOK and the Biomimicry Guild Form Alliance to Integrate Nature's Innovations in the Design of Buildings Communities and Cities Worldwide," 2008. www.hok.com/cfm/NewsArchive.cfm?Cur Year=2008&PressRelease=0&Category
16. Implications. "Learning from Nature." InformeDesign, University of Michigan, Vol. 4.1. pp.1-5, 2010. http://www.informedesign.umn.edu
17. Jacobs, Carrie, "India's New Eco-Friendly City," Travel & Leisure, 2010. http:www.travelandleisure.com/articles/indias-new-eco-friendly-city/1
18. Kilmer, Rosemary & W. Otie Kilmer, Designing Interiors, Florida: Holt Rinehart and Winston, Inc., pp. 154-176, 1992.
19. Mahmoudinejad, H. (2018a). Biomimicry architecture: Imitation of nature in design. Tahan Publications. [In Persian]
20. Mahmoudinejad, H. (2018b). Biological architecture: Sustainable architecture. Tahan Publications. [In Persian]
21. Mazzoleni, Ilaria.(2013). Architecture follows nature - Biomimetic principles for innovative design, California.
22. McDonough, William & Michael Braungart, "The Next Industrial Revolution." Atlantic Magazine, 1998. http://theatlantic.com/past98oct/ issues/industry.htm
23. National Resources Defense Council, "Adopt a Whole-Building Approach." NRDC, The Earth's Best Defense, www.nrdc.org/ buildinggreen/ approach/
24. Reed, B. (2006). Shifting our Mental Model "Sustainability" to Regeneration. Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings. Sarasota, Florida .
25. Sharklet Technologies, Inc., "From evolution to Medical Solution."
26. The Biomimicry Guild. "Biomimicry Guild Method of Consulting," 2009- 2010. http://www.biomimicryguild.com/guild_services.html
27. Vella, Matt, "Using Nature as a Design Guide: Janine Benyus, dean of the burgeoning "biomimicry" design movement," Business Week Online, 2023.

www.businessweek.com/innovate/content/feb2008

فصلنامه معماری و محیط پایدار
دوره ۲، شماره ۶، تابستان۱۴۰۳
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
شاپا الکترونیکی: ۰۸۹۲-۲۹۸۱

مقاله پژوهشی

تحلیل ساختاری بیومیمیکری در معماری با مارپیچ زیست‌شناسیِ هاستریچ و فرآیند طراحی کیلمر

شهاب ایلکا: گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران
شاهین ایلکا[۱]: گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران

دریافت:۱۴۰۳/۰۳/۲۷ صص ۷۰-۵۹ پذیرش:۱۴۰۳/۰۹/۱۷

چکیده

اکتشافات بیولوژیکی به طور تصاعدی رو به افزایش هستند و طراحان باید از این راه‌حل‌های موثر و تحولات جدید نهایت استفاده را ببرند. طبیعت، ما را احاطه کرده و زمانی که طراحان وقت خود را صرف «بیولوژیک» می کنند و از طبیعت می‌پرسند که این اکوسیستم‌ها چگونه کار می‌کنند، از نحوه ایجاد محیط‌های داخلی که شبیه طبیعت عمل می‌کند، الهام گرفته و تحت تاثیر اثرات مثبت آن قرار می‌گیرند. در این مقالهِ تحقیقاتی، فرآیند طراحی که طبیعت از آن استفاده می‌کند با فرآیند طراحی که طراحان داخلی از آن برای حل مشکلات خود بهره می‌جویند، با هم مقایسه می‌شود. روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی و تحلیل استدلالی نمونه‌های موردی موفق در رابطه با تعامل طبیعت و طراحی در معماری بیومیمیکری است. یافته‌های تحقیق نشان داده است که اگرچه طراحان از ابزارها و روش‌هایی که طی مرور زمان آزمایش خود را پس داده‌اند، مانند برنامه‌نویسی، طرح‌واره و توسعه طراحی استفاده می‌کنند، اما اکنون باید یک رویکرد زیست‌تقلید برای کشف پایگاه داده طبیعت داشته باشند تا بتوانند راه‌حل‌ها و نوآوری‌های پایداری بیابند. براساس مطالعه حاضر و مطابق با آنچه در ادامه خواهیم دید، تنها کاری که طبیعت برای حل یک مسئله با روشی متفاوت از طراحان انجام می‌دهد، «بیولوژیک کردن» صورت مسئله است با پرسیدن این سؤال که می‌خواهید طرحتان چه کاری انجام دهد؟ و این برخلاف آن چیزی است که طراحان می پرسند: چه چیزی را می خواهید طراحی کنید؟

واژه‌های کلیدی: طبیعت، بیومیمیکری، بیولوژی، فرآیند طراحی، چالش طرح مارپیچ زیست‌شناسی

استناد: ایلکا، شهاب و ایلکا، شاهین (۱۴۰۳). **تحلیل ساختاری بیومیمیکری در معماری با مارپیچ زیست‌شناسیِ هاستریچ و فرآیند طراحی کیلمر**، *فصلنامه معماری و محیط پایدار*، ۲(۶)، ۵۹-۷۰.

[۱] **نویسنده مسئول:** شهاب ایلکا، **پست الکترونیکی:** hadiurban08@gmail.com

مقدّمه

موسسه زیست‌تقلید بیولوژیک را یک رویکرد زیست تقلیدی تعریف می‌کند که برای ارزیابی معیارهای طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Biomimicry Institute, 2007). این رویکرد از طبیعت می‌خواهد که مدل‌سازی، راهنمایی و ارزیابی کند و سپس از چهارچوب، فرآیند و اکوسیستم در تمام سطوحِ طراحی الگوبرداری و شبیه‌سازی کند (Benyus, 2002.). از آنجایی که طبیعت بسیاری از مشکلاتی را که طراحان با آن دست و پنجه نرم می‌کنند، قبلاً حل کرده است، بنابراین حل آن مشکل به روش طبیعت همراه با ارائه راه‌حل‌های پایدار، می‌تواند نتیجه و اثر مثبتی روی مشکلات طراحی بگذارد (Michigan, 2010). در این مقالهِ تحقیقاتی بر مقایسه فرآیند طراحی تمرکز شده است؛ همان فرآیندی که طبیعت و طراحان داخلی برای حل مسائل و مشکلات خود از آن استفاده می‌کنند. در این مطالعه، روشی که طبیعت از آن استفاده میکند توسط مؤسسه زیست تقلید با نام «چالش طرح مارپیچ زیست‌شناسی» تعریف شده است که توسط کارل هاستریچ، همراه با ابزاری کلیدی به نام «اصول زندگی» برای کمک به طراح در این فرآیند طراحی شده است (Hastrich, 2006, 65). چالش طرح مارپیچ زیست‌شناسی ابزاری عملی برای هدایت و راهنمایی حرفه‌ای های این رشته است تا بتوانند به واسطه فرآیندِ طراحیِ طبیعت، که قابل ارزیابی و تکرارشدنی است، محصول یا راه‌حل نهایی خود را در تمام سطوح طراحی از طبیعت تقلید و الگوبرداری کنند (محمودی‌نژاد، ۱۴۰۰، ص ۱۲۱). ۹ قانون طبیعت اصول زندگی را تشکیل می دهند که برای این فرآیند ضروری‌اند، به بیان دیگر طبیعت با نورخورشید به حیات خود ادامه می‌دهد، به اندازه ای که انرژی نیاز دارد از آن می‌گیرد و این انرژی را به چیزی که برای عملکردش مناسب است، تبدیل می‌کند (Benyus, 2002.). این مطالعه ثابت می‌کند که طراحی داخلی باید مرحله زیست‌تقلید را هم در فرآیند طراحی خود بگنجاند و مشکلات طراحی خود را با استفاده از اصول و روش‌های آزمایش‌شده توسط طبیعت، بیولوژیک کند. براین اساس در این مقاله به بررسی مارپیچ زیست شناختی در معماری داخلی پرداخته شده است.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

بیومیمیکری

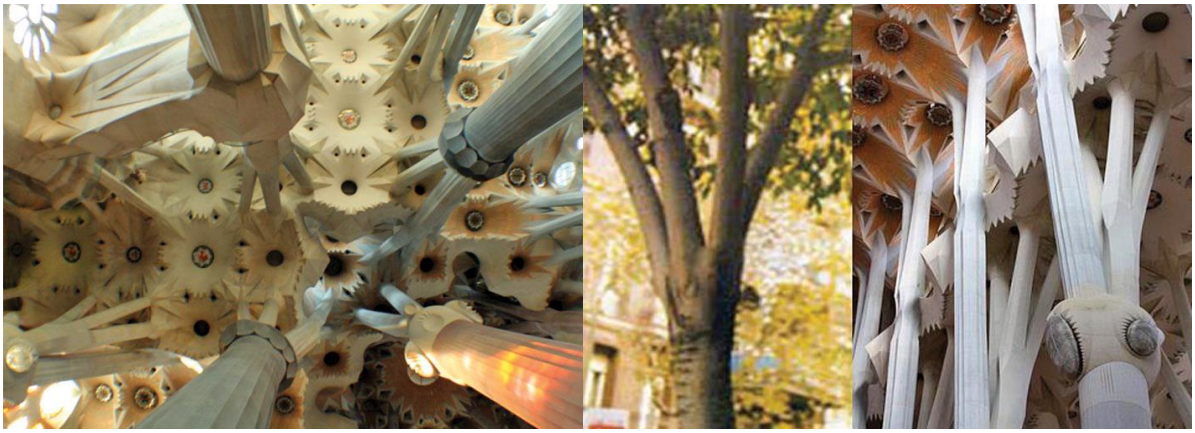
اکتشافات بیولوژیکی به طور تصاعدی رو به افزایش هستند و طراحان باید از این راه‌حل‌های موثر و تحولات جدید نهایت استفاده را ببرند. طبیعت، ما را احاطه کرده و زمانی که طراحان وقت خود را صرف «بیولوژیک» می کنند و از طبیعت می‌پرسند که این اکوسیستم‌ها چگونه کار می‌کنند، از نحوه ایجاد محیط‌های داخلی که شبیه طبیعت عمل می‌کند، الهام گرفته و تحت تاثیر اثرات مثبت آن قرار می‌گیرند. 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 و درنتیجه معیارهایی جهت بهینه‌سازی فرم‌ها ارایه می‌کند.

جدول ۱. تعاریف اندیشمندان با گذر زمان از رویکرد بایومیمیکری

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.	فراش 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 ر شته علمی بیونیک به طور ساختاری با تولید و اجرا فنی فرآیندهای ساختن و تو سعه ا صول 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

سال	نظریه و تعریف	نام محقق
۲۰۱۳	بایومیمیکری اینست که یاد بگیریم کارها را آنطور که طبیعت انجام می‌دهد انجام دهیم و ا شیا را آنطور که طبیعت می سازد بسازیم که با اینکار انقلابی در مصرف بهینه منابع ایجاد کرده ایم.	مایکل پاولین

ماخذ: تجاره، ۱۴۰۲، ص ۲۹.



تصویر ۱. ساختارها در Gaudí's Sagrada Familia و شاخه های درختان؛ ماخذ:Mazzoleni, 2013

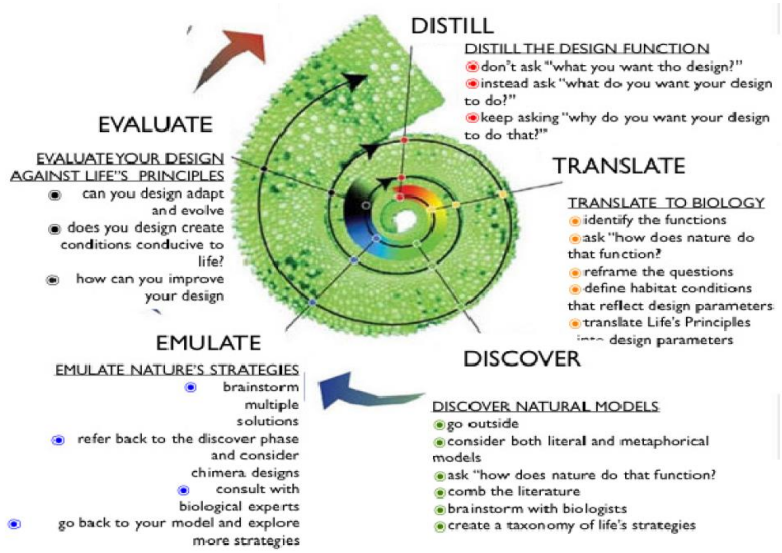
طبیعت در مقابل طراحی

این مطالعه با استدلال نشان می‌دهد که طراحان باید زیست تقلید را در فرآیند طراحی خود جا دهند؛ همچنین دو مدلی که طبیعت و طراحان داخلی برای حل مسائل و مشکلات خود از آن استفاده می‌کنند را با هم مقایسه می‌کند: موسسه زیست تقلید، چالش طرح مارپیچ زیست‌شناسی و فرآیند طراحی کیلمر. با بهره‌گیری از یک سری تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای گرافیکی، این نتیجه حاصل شد که طراحان داخلی باید مرحله زیست تقلید را با مرحله برنامه‌نویسیِ فرآیند طراحی، پیوند بزنند؛ نتیجه چنین کاری این می شود که پزشکان قادر خواهند بود چالش‌ها و مشکلات طراحی خود را، با پرسیدن این سوال از طبیعت که می‌خواهید طراحی شما چه کاری انجام دهد؟ به جای چه چیزی را می خواهید طراحی کنید، بیولوژیک کنند.

تصویر ۲. لانه‌های Mesa Verde and Sand Martin ؛ ماخذ:Mazzoleni, 2013

چالش طرح مارپیچ زیست شناسی

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. کارل هاستریچ، طراح صنعتی، چالش طرح مارپیچ زیست شناسی را به عنوان یک رویکرد منطقی و رایج برای موسسه زیست تقلید ایجاد کرد تا طراحان و سایر نوآوران از طریق فرآیند طراحی قابل تکرارِ طبیعت، راهنمایی و هدایت شوند.



نمودار ۱. چالش طرح مارپیچ زیست شناسی؛ منبع: www.biomimicryinstitute.org

هر یک از این مراحل جامع بوده، خصوصا بدون بازده و حول یک مارپیچ بیرونی مرتب شده است. هر بار که چرخشی کامل در اطراف مارپیچ می خورد، قسمتی از مشکل را حل می‌کند. چرخش‌های بعدی نتایج را اصلاح می‌کند تا راه برای حل جنبه های عمیق ترِ چالش، هموار گردد. استفاده از روش زیست تقلید با حلقه‌های بازخورد کوچک و به‌کارگیری اصول زندگی برای نتایج مربوطه می‌تواند به طراح کمک کند تا راه‌حل‌های واقعاً پایدار را برای طراحی چالش‌ها، به شیوه‌ای منحصربه‌فرد، کشف کند که روش‌های کلاسیک خطی آن را بلامانع می‌کند زیرا این یک فرآیندِ قابل تکرار است؛ یعنی پس از حل یک چالش و ارزیابی نحوه مقایسه آن با اصول زندگی، به احتمال زیاد مشکل دیگری ظاهر می‌شود و فرآیند دوباره از نو شروع می شود (Ask Nature, 2024).

معماری زنده و اصول حیات

هنگامی که اصول زیست‌تقلید در طول فرآیند طراحی اعمال می‌شود، از ویژگی‌های طبیعت در راه‌حل‌های ارائه شده تقلید و الگوبرداری شده است. اصول زندگی مثل یک فیلتر عمل می‌کند؛ یعنی طراح از طریق آن، راه‌حل‌ها را در برابر ویژگی‌های طبیعت قرار می‌دهد، آن‌ها را آزمایش می‌کند و در نهایت فیلتر انجام می‌شود؛ پس می‌توان گفت که چنین کاری یک گام اساسی است در مرحله «بیولوژی‌سازی» برنامه‌نویسی. رویکردِ زیست تقلید یک چارچوب عملی است که به طراح اجازه می‌دهد مشکلات را ارزیابی کند؛ طراح برای این ارزیابی از طبیعت می‌خواهد که مدل‌سازی، اندازه گیری و راهنمایی کند و سپس از چهارچوب، فرآیند و اکوسیستم‌ها در تمام سطوح طراحی الگوبرداری و شبیه‌سازی کند تا راه‌حل‌هایی برای مشکلات پیچیده بیابد. ۹ قانون طبیعت، اصول زندگی محسوب می‌شوند که مبتنی بر آب بوده، غیرمتعادلِ پویا و مشمول محدودیت‌ها و چهارچوب‌ها هستند. بنیوس این ویژگی‌ها را ابزاری ضروری برای اندازه‌گیری و برآورد پایداری می‌داند؛ به بیان دیگر طبیعت با نورخورشید ادامه حیات می‌دهد، فقط به اندازه‌ای که نیاز دارد انرژی از خورشید می‌گیرد و این انرژی را به چیزی که برای عملکردش مناسب است، تبدیل می‌کند، از این گذشته طبیعت همه چیز را بازیافت می‌کند، برای این تعامل و همکاری که در این میان وجود دارد ارزش قائل است، گوناگونی و تنوع برایش مهم بوده و به منافع ناشی از آن متکی است، به تخصص محلی نیاز دارد، افراط، زیاده‌روی و عدم تعادل را از درون مهار می‌کند و از ایجاد محدودیت حداقلی یا حداکثری بر قدرت، بهره می‌جوید.

تصویر ۳. ساختار پوسته و طاق فن گوتیک؛ ماخذ:Mazzoleni, 2013

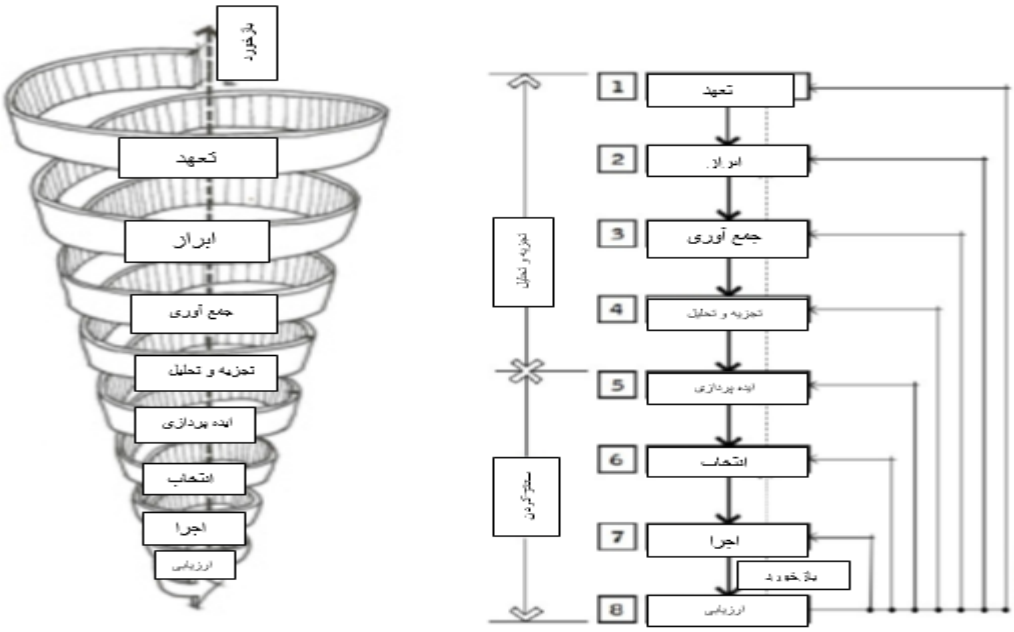
کیلمر و فرآیند طراحی

«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 پایه‌ای برای همه تحقیقات علمی زمان حاضر است، زیرا مبتنی بر شواهد و در راستای اهداف است. مدل طراحی داخلی برگرفته از کیلمر و کتاب مرجع وی طراحی فضاهای داخلی نام دارد که بر اساس معیارهای زیر انتخاب شده است: یک فرآیند طراحی هشت مرحله‌ای جامع به همراه یک فصل پشتیبان در خصوص برنامه‌نویسی و شباهت آن به موسسه زیست‌تقلید، چالش طرح مارپیچ زیست‌شناسی و بازخورد بدست آمده از پرسشنامه‌های آموزشی. طراح برای حل یک مشکل، باید علاوه بر پیچیدگی آن مشکل، ابعاد آن را نیز بشناسد و ادراک کند. در ابتدا این فرآیند به دو مرحله تقسیم می‌شود:

مرحله اول تجزیه و تحلیل: تفکیک مشکل به بخش‌های مجزا

مرحله دوم تشخیص و شناسایی: تشریح، موشکافی و سنتز کردنِ[1]مشکل؛ به عبارت دیگر شکل دادن به چیزی با ترکیب و ادغام بخش‌ها برای اجرای راه‌حل (McDonough, 1998, 76).

سپس این دو مرحله به هشت مرحله دیگر تقسیم می‌شود: تعهد، ابراز، جمع آوری، تجزیه و تحلیل، ایده‌پردازی، انتخاب، اجرا و ارزیابی. از آنجا که مدل کیلمر نیز از یک مارپیچ استفاده می‌کند شبیه طرح مارپیچ هاستریچ است با این تفاوت که از رویکردِ کل به جزء، که شبیه قیف است، بهره می جوید به طوری که در هر مرحله با حرکت به سمت پایین روی مشکل تمرکز می کند. به همین دلیل است که به این فرآیند، فرآیند تکرار شونده می‌گوییم زیرا محور مرکزی حلقه بازخورد را کامل می‌کند.



نمودار ۲. فرآیند طراحی کیلمر و طرح مارپیچ کیلمر؛ منبع: طراحی فضاهای داخلی

مواد و روش تحقیق

روش طراحی داخلی برگرفته از «کیلمر»[2]و کتاب مرجع وی، به نام طراحی فضاهای داخلی[3] فلسفه‌ای است که منعکس کننده پیش‌فرض این مطالعه است. پیش فرضی که می‌گوید: فرایند طراحی بهبود یافته نهایتا منجر به طرح بهبود یافته خواهد شد(Kilmer, 1992, 98). به دو دلیل این مدل خاص انتخاب شده است: یکی شباهت آن به مدل هاستریچ به این دلیل که «روابط بین فرآیند طراحی و مراحل پروژه» را به خوبی تعریف کرده است و دیگری بازخورد بدست آمده از پرسشنامه مربیان و متخصصانی است که از آن به عنوان یک روش نتیجه بخش پشتیبانی کرده‌اند. در این تحقیق فرآیند طراحی کیلمر، در قالب نمودار، با چالش هاستریچ یعنی همان طرح مارپیچ زیست‌شناسی، تحلیل مقایسه‌ای شده است تا از این استدلال که طراحان باید در فرآیند طراحی خود مرحله جدید «بیولوژیک» را بگنجانند، حمایت و پشتیبانی

[1] Synthesis
[2] Kilmer
[3] Designing Interiors

بیشتری شود. طبیعت، جعبه ابزار بیولوژیکی گسترده‌ای از راه‌حل‌ها را در اختیار طراح داخلی می‌گذارد تا بتواند با استفاده از آن مشکلات را بدون ایجاد اثر مخرب بر محیط زیست، حل کند (The Biomimicry Guild 2010). در این تحقیق به بررسی دو مطالعه موردی زیست تقلید خواهیم پرداخت که به محصول تبدیل شده است: پارچه‌هایی که با طراحی ساختاری و با الهام از لایه‌های پروتئینی فلس‌های روی بال پروانه و فناوری‌های روی سطح، الهام گرفته از خواص ضد میکروبی پوست کوسه، رنگ شده است. در گذشته حرفه طراحی داخلی نتوانسته رسماً فرآیند زیست تقلید را در عملکرد استاندارد خود بگنجاند؛ یعنی فقط افراد کمی رویکرد زیست تقلید را به عنوان یک روش اختیاری در صنعت پیشنهاد دادند.

بحث و ارائه یافته‌های تحقیق

در ابتدا موضوع تجزیه و تحلیل مقایسه‌ایِ طرحِ مارپیچِ زیست‌شناسی، با فرآیند طراحی کیلمر شکل گرفت تا بتوان تفاوت‌ها و شباهت‌های بین آن‌ها را ارزیابی کرد. برای پشتیبانی از این نوع ارزیابی‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها، جدولی ترسیم و تصویر این دو فرآیند به صورت گرافیکی نشان داده شد. پس از تحلیل مقایسه ای انجام شده بین مدل هاستریچ و مدل کیلمر مشخص شد که تفاوت اصلی در رویکرد و شیوه انجام کار است به این ترتیب که طراحان می پرسند، چه چیزی را می خواهید طراحی کنید؟ در حالی که رویکرد زیست تقلید بدین شکل است که همین سوال را اینگونه از طبیعت می پرسد و آن را بیولوژیک می‌کند: می‌خواهید طراحی شما چه کاری انجام دهد؟. تفاوت اساسی ذکر شده بین این دو روش مبحث اصلی مطالعه حاضر را تشکیل داده است؛ یعنی طراحان داخلی باید رویکرد زیست تقلید را در فرآیند حل مسائل و مشکلات خود لحاظ کنند. با گنجاندن زیست تقلید در مرحله فرآیند طراحی(جمع آوری)، طراحان نیز مانند طبیعت قادر خواهند بود مشکلاتی را که واقعاً پایدار هستند، حل کنند (National Resources Defense Council 2024). تحقیق حاضر دو مطالعه موردی را بررسی می‌کند که زیست تقلید آنها را به محصولاتی با کاربردهای عملی و داخلی تبدیل کرده است.

تحلیل موردی

مطالعه موردی اول: طبیعت چگونه رنگ‌سازی می‌کند؟

سازنده: شرکت الیاف تیجین مورفتیکس با مسئولیت نامحدود، ویژگی‌های زیست تقلیدی: الیاف و پارچه هایی که به لحاظ ساختاری رنگی هستند. الهام گرفته شده از: فلس‌های بال پروانه مورفو که نور را می‌شکند و منکسر می‌کند. کاربردهای عملی: پارچه‌های بدون رنگ. مشکلات طراحی: وجود سموم صنعتی و مصرف انرژی ناشی از ساخت پارچه و رنگ کردن آن، افت در کیفیت رنگ و حساسیت پوست نسبت به رنگ. راه‌حل زیست‌تقلیدی: تقلید از لایه‌های پروتئین روی فلس‌های بال {پروانه} برای ایجاد رنگ با شکست نور. تعامل بین لایه‌ها و شکست نور باعث ایجاد رنگدانه ها می شود که در برابر افتِ کیفیتِ رنگ مقاوم است.

جدول ۲. تحلیل بیومیمیکری رنگ سازی طبیعت

موضوع	ویژگی‌های زیست تقلیدی	الهام	راه‌حل زیست‌تقلیدی
رنگ سازی در طبیعت	الیاف و پارچه هایی که به لحاظ ساختاری رنگی هستند.	فلس‌های بال پروانه مورفو	تقلید از لایه‌های پروتئین روی فلس‌های بال {پروانه} برای ایجاد رنگ با شکست نور. تعامل بین لایه‌ها و شکست نور باعث ایجاد رنگدانه ها می شود که در برابر افتِ کیفیتِ رنگ مقاوم است.

ماخذ: نگارنده.

رنگ پروانه مورفو قهوه‌ای است. مهندسی بکاررفته در پروتئین موجود در فلس بال این نوع پروانه، رنگ آبی سیر ایجاد می کند و این رنگ در اثر شکست نور ایجاد می شود نه وجود رنگدانه‌ها. زمانی که پارچه به لحاظ ساختاری {اینگونه} رنگ آمیزی می‌شود، طراحان باید آن را بیولوژیک کنند و از طبیعت بپرسند که چگونه باید این نوع فناوری را در دیوارها، سطوح، مبلمان و سایر لوازم به کار ببرند. محصولی که این‌گونه تولید می‌شود به اهداف پایدار خود رسیده چون رنگدانه‌ها و فرآیند رنگ کردنِ پارچه در آن حذف شده، مصرف انرژی کاهش یافته و هزینه‌های تعویض به دلیل عدم افت کیفیت رنگ و عدم تولید سموم، از بین رفته است (HOK News 2008).

مطالعه موردی دوم: طبیعت چگونه باکتری‌ها را کنترل کرده و در برابر آن‌ها مقاومت می کند؟

سازنده: شرکت ثبتی فناوری های شارکلت Sharklet A؛ الهام گرفته شده از: پوست کوسه گالاپاگو؛ ویژگی‌های زیست تقلیدی: سطح ضد میکروبی؛ مشکلات طراحی: رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم ها؛ راه‌حل زیست تقلیدی: تقلید و شبیه سازی از دندانه های روی پوست بدن کوسه به منظور مقاومت طبیعی در برابر باکتری ها و میکروارگانیسم ها و جلوگیری از قرار گرفتن و ماندن آن‌ها روی سطوح.

ابزاری که این فناوری را کشف کرد میکروسکوپ الکترو اسکن بود. سطح منحصر به فرد پوست کوسه در برابر میکروارگانیسم‌ها نسبت به یک سطح معمولی به طور طبیعی تا ۸۵ درصد مقاوم تر است (Vella, Matt 2023). طرح و الگوی به کار رفته روی پوست کوسه، باکتری ها را از تشکیل انبوه زیستی یا زیست‌لایه که باعث مرگ آن‌ها یا انتقالشان به سطح دیگری می شود، باز می‌دارد. چنین محصولی کاربردهای گسترده‌ای در زمینه‌های بهداشتی، تجاری و مسکونی دارد. از آنجایی که این محصول هزینه‌ها، سموم و موادشیمیایی را کاهش می‌دهد، به اهداف پایدار خود رسیده است. طراحان باید عمیقا در طبیعت بنگرند تا ببینند چگونه می توانند این نوآوری و خلاقیت در سطح را در راه‌حل‌ها و طراحی‌های داخلی خود اعمال کنند.

مطالعات موردی معماری

این تحقیق در ادامه یک مطالعه موردی در خصوص معماری انجام خواهد دارد که در آن از طبیعت به‌عنوان مشاور طراحی استفاده می‌شود تا اصول زیست تقلید را در فرآیند طراحی خود بکار گیرد: طرح جامع هوک[1]برای پروژه لاواسا در ایستگاه هیل در کشور هند. این تجزیه و تحلیل شامل یک تاریخچه مختصر، مشکل طراحی، الهامات زیست تقلیدی و راه‌حل‌ها است. با توجه به ارتباط این تجزیه و تحلیل با طراحی داخلی و فرآیند طراحی، این پایان‌نامه بیان می‌کند که زمینه‌های معماری و طراحی داخلی باید رویکردی از کل ساختمان داشته باشد و درجهت توسعه یک سیستم کاملا یکپارچه واحد گام بردارد (Benyus, 2009, 76). اگرچه طراحان اساساً روی دیوارهای سازه کار می‌کنند، اما در این پروژه‌های استثنایی محیط ساخته شده در اولویت است زیرا نشان می دهد که رویکرد زیست‌تقلید در کل چقدر برای صنعت و نوع بشر حیاتی است. به گفته بنیوس، محیط ساخته شده حاصلخیزترین زمینه برای بکارگیری زیست تقلید است.

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).

جانین بنیوس[2]با کمک یک زیست‌شناس دیگر به نام دانیا باومیستر[3]مرکز زیست‌تقلید گیلد[4]را تأسیس کردند. این مرکز یک شرکت طراحی مشاوره در زمینه مسائل زیستی است و وظیفه اش این است که یک شرکت یا مشتری را از طریق فرآیند زیست تقلید هدایت کند؛ یعنی به وی آموزش دهد، دسترسی‌اش را به پایگاه داده طبیعت فراهم آورد و زیست‌شناس را پای میز طراحی بیاورد. خدمات ارجاعی درون شرکتی، مشتریان را در تماس با مهندسان و دانشمندان قرار می‌دهد تا راهبردهای جدید ایجاد کنند یا شماره یک زیست‌شناس را بگیرند و از او طلب مشاوره کنند. به عنوان نمونه می‌توانیم مشتریان انجمن گیلد، همچنین هوک و ناسا و جنرال الکتریک (GE) را مثال بزنیم که شروع خوبی داشته اند. در سال ۲۰۰۴، هوک، شرکت معماری مشهور جهان، به دنبال رویکردی جدید برای پایداری بود. از این رو با انجمن زیست تقلید گیلد مشورت کرد تا از این انجمن در خصوص چگونگی بیولوژیک کردن مشکلات در لاواسا راهنمایی بگیرد؛ بنابراین از این انجمن پرسید: می‌خواهید طراحتان چه کاری انجام دهد؟. چهار سال بعد، هوک و گیلد یک ائتلاف حرفه‌ای تشکیل دادند که در نوع خود بی نظیر بود؛ یعنی ائتلافی که در آن طبیعت و محیط ساخته شده با هم همگام بودند تا مشکلات طراحی را به شکلی پایدار حل کنند.

مطالعه موردی اول: پروژه لاواسا، ایستگاه هیل؛ مکان: ماهاراشترا در هند؛ توسعه دهنده: آجیت گلابچند، شرکت ساختمانی هندوستان؛ معمار: هوک؛ سرپرست تیم هوک: داوال بارب هایا؛ مشاور بیولوژیکی: انجمن زیست تقلید گیلد؛ بازه زمانی: از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸

هوک، برای طرح جامع پروژه لاواسا، شهر هیل، موفق به دریافت سه جایزه بین‌المللی شد: بهترین طرح جامعِ کنگره شهرسازی جدید، جایزه شایستگی برای طرح جامع داسوه[5]و جایزه افتخاری برای طرح جامع موگان [6]از طرف انجمن معماران آمریکا. پروژه لاواسا در کوه های ساهایادری بین بمبئی و پونا واقع شده است. هوک توانست با طراحی لاواسا که اولین ایستگاه تپه‌ای از زمان پایان حکومت بریتانیا در سال ۱۹۴۷بود، برنده رقابت بین‌المللی شود. آنچه در ابتدا با ردیفی از روستاهای کوچک در امتداد کناره آب آغاز شده بود، در نهایت به پروژه ای ختم شد که بیش از ۷ سال به طول انجامید. در طول این هفت سال، هوک طرح جامع ۸۰۰۰ هکتاری خود را برای جمعیت ۲۰۰ هزار نفری ایجاد کرد با این امید که بتواند سالانه ۲ میلیون بازدید کننده جذب کند. در این پروژه همچنین کاشت یک میلیون درخت جدید پیش بینی شده بود (Berkebile, 2024).

مشکلات طراحی: لاواسا یک مکان منحصربه‌فرد در دامنه کوه بود که بریدن و سوزاندن درختان، منجر به جنگل کُشی شده بود. سالانه سه ماه باران‌های موسمی باعث فرسایش شدید خاک می شد. بیشتر سال این منطقه خشک و بایر بود و ۹ ماه باقیمانده شرایطی شبیه به

[1] Hok
[2] Janine Benyus
[3] Danya Baumeister
[4] Biomimicry Guild
[5] Dasve
[6] Mugaon

خشکسالی داشت که به سرعت حجم عظیمی از آب تبخیر می‌شد. در نتیجه، سطح آب در حوضه گود دریاچه هر فصل تا ۹ متر دچار نوسان شدید می‌شد.

راه‌حل زیست‌تقلیدی: اکوسیستم اولیه، قبل از جنگل‌زدایی، در لاواسا اینگونه بود: جنگل ها مرطوب و خزان گرا. هوک از سیستم جنگل‌های برگ‌ریز و خزان‌گرا به عنوان یک مدل ساختمانی استفاده کرد، زیرا محیط‌های جنگلیِ بکر و دست نخورده خاک را حفظ می‌کنند، آب را ذخیره می‌کنند و فرسایش و تبخیر را با سایبان‌هایی که از برگ‌های خود درست می‌کنند و با ریشه‌هایی که سیستمی پیچیده و درهم تنیده دارند، به حداقل می‌رساند. مهندسان برای استفاده آتی خود در فصل خشک، ساختمان‌هایی طراحی کردند که بتواند آب باران را در مخازن زیرزمینی جمع کند؛ این طرح شبیه ریشه و جریان گردش آب در درخت بود. برای حل مشکلات خروج آب از پشت بام، هوک از شکل منحصر به فرد برگِ درخت انجیر آن منطقه به عنوان مدلی برای ساخت کاشی‌های سقف استفاده کرد. این کاشی‌ها با تقلید از شکل ظاهری برگ‌های درخت که باریک و بلند و به شکل قطره آب بودند، ساخته شدند تا جریان آب را افزایش دهد و با ایجاد اصطکاک سطح خود را تمیز کند. برای کنترل جریان آب بیش از حد در طول فصل باران، هوک از لانه سازی مورچه‌هایی تقلید کرد که در آن منطقه درحال جمع‌آوری آذوقه بودند. این مورچه‌ها سدهای خاکی شیارداری با قابلیت انحراف آب در اطراف سوراخ لانه مرکزی خود ساخته بودند تا آب را در جهات مختلف و دور از لانه خود هدایت کنند. از این مهندسی موفقیت آمیز مورچه‌ها در طراحی سیستم زهکشی لاواسا و طرح اصلی سایت، تقلید و الگوبرداری شد (Gendall, 2024, 65).

تصویر ۴. لاواسا، ایستگاه هیل، داوسه منبع: http://en.wikipedia.org/wiki/Lavasa

الهام‌گیری و مدل‌های بیولوژیکی: جنگل برگ‌ریز، برگ انجیر بانیان و مورچه‌های آذوقه جمع کن.

در ژوئن سال ۲۰۰۹، تیم انجمن زیست تقلید گیلد ارزش بالقوه اصول زیست تقلیدی را که در ایجاد ساختمان‌ها و جوامع زنده نقش داشت، مورد بررسی قرار داد. در واکنش به این مسئله، آنها یک ابزار زیست تقلیدی جدید به نام استانداردهای عملکرد زیست محیطی را برای ارزیابی محیط یک ساختمان یا جامعه در مقایسه با اکوسیستمی که آن را احاطه کرده، ایجاد کردند. اصل نیروی محرکه در اینجا این است که محیط ساخته شده به همراه تمام اجزای آن باید بتواند یک اکوسیستم پایدار برای زندگی ایجاد کند که شبیه همان اکوسیستم دست‌نخورده و بکر {طبیعت} باشد. تیم هوک و طراحان پروژه لاواسا از این استانداردها استفاده کردند تا ببینند راه‌حل‌هایشان چگونه عملی می‌شود: میزان بارندگی و حفظ آب زیرزمینی چگونه است، بازسازی درختان به چه شکلی است و از دست دادن یا به دست آوردن خاک چگونه اتفاق می افتد. نتایج این ارزیابی، می توانست بازخورد و راهنمایی ارزشمندی برای پروژه‌های آتی در اختیار آنها قرار دهد. هوک از این استانداردهای عملی استفاده کرد تا به طراح و معمار خود کمک کند به طبیعت به عنوان یک مربی و راهنمایی دهنده نگاه کند تا بتواند ساختمان‌هایی بسازد که

همچون بافت زنده عمل کند؛ یعنی آب را ذخیره، تصفیه و بازیافت کند، با استفاده از نورخورشید به حیات خود ادامه دهد و از اکوسیستمِ دشت‌ها الگوبرداری کند.

بیومیمیکری در معماری داخلی معاصر

در حال حاضر، پایداری به عنوان یک مسئله جهانی در راس برنامه‌های اکثر صنایع قرار گرفته است و طراحان و سایر افراد درگیر در صنعت را دوباره علاقه مند کرده تا در ایجاد روش‌ها و فناوری‌های جدید پیشرو باشند. در راستای چنین امری و برای تحقق این هدف باید به طبیعت بنگریم: طبیعت مملو از گوناگونی است، انرژی خورشیدی دارد، راه‌حل‌های پایدار مبتنی بر آب ارائه می‌دهد، راه‌حل‌هایی که ارائه می‌دهد مقرون به صرفه و بسیار کم هزینه‌اند و در حل چالش‌های پیچیده برای طراحی مفید واقع می شوند.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

کمک گرفتن از طبیعت با استفاده از زیست‌تقلید برای حل مشکلات انسانی به شکلی پایدار اکنون به عنوان یک رویکرد قابل اجرا شناخته شده است. در سال ۲۰۰۸، شرکت معماری هوک و انجمن زیست تقلید گیلد مشارکتی تشکیل دادند تا زیست تقلید را در فرآیند حل مشکلات خود بگنجانند که در نوع خود بی سابقه بود. این ائتلاف بسیار باارزش و در خور توجه بود زیرا طراحان هوک که به عنوان پیشگامان سبز کاملا شناخته شده بودند تلاش می کردند تا شورای ساختمان سبز ایالات متحده، سیستم مدیریت انرژی و طراحی محیطی ایجاد کنند. پذیرش عملی زیست تقلیدِ هوک، خود انقلابی است و نشان می دهد این فناوری جدید به تنهایی می تواند مفهوم خود را در سراسر جهان پیاده کند. هوک در صدد است تا معماری را نیز بیولوژیک کند و همین امر از استدلال مطرح‌شده در این مطالعه حمایت می‌کند؛ استدلالی که می گوید طراحان داخلی باید با مؤسسه زیست تقلید ائتلافی تشکیل دهند و با گنجاندن بیولوژیک به فرآیند طراحی، "از زیست شناسان و علم زیست شناسی کمک بگیرند. 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: ۱- تشخیص، پی‌بردن به نیاز و تعریف دیزاین‌بریف یا همان مختصر اهداف. 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.

نتیجه گیری که از این مقاله بدست می آید این است که استفاده از اصول زیست تقلید در طول فرآیند طراحی باعث می شود طراح به عصر جدیدی از کاربردها، فناوری‌ها و رویکردهای پایدار سوق پیداکند. با این حال، بنیوس هشدار می دهد وقتی همزمان از یک یا دو فناوری جذاب در یک پروژه استفاده می کنیم، اگرچه شروع خوبی است، اما مسئله پایداری را حل نخواهیم کرد. فقط زمانی که بنگریم چگونه همه چیز مانند یک اکوسیستم کار می کند، چگونه همه اجزاء به هم ارتباط پیدا می‌کند و شبیه همزیستی طبیعی عمل می‌کند، آنجاست که می‌توانیم تاثیر مثبت بگذاریم و شرایط را تغییر دهیم. در نهایت، برای ایجاد محیط‌های پایدار، ما باید تا حد امکان از منابع کمتری برای ایجاد و راه‌اندازی یک زیستگاه زیبا و سلامت محور استفاده کنیم؛ این زیستگاه باید به نحوی ساخته شود که در یک سیستم حلقه بسته عمل کند، تمام زباله‌ها را خودش بازیافت‌کند، تمام نیازهای انرژی خود را تولیدکند و به گونه ای طراحی شود که حفظ بقای نوع بشر هدف دراز مدتش باشد.

جدول ۳. قیاس طرح کیلمر با مارپیچ زیست شناختی

فرآیند طراحی کیلمر	طرح مارپیچ هاستریچ
۱- **تعهد:** مستلزم شروع کار	
۲- **ابراز:** تعریف مشکل، تثبیت اهداف و تشریح مسئله	۱- **اصل مشکل را پیدا کردن:** چالش‌های واقعی را شناسایی کنید و به جای سوال چه چیزی را می‌خواهید طراحی کنید؟ با پرسیدن می‌خواهید طرحتان چه کاری انجام دهد طرح مختصری از مشکل ایجاد کنید.
۳- **جمع آوری:** گردآوردن حقایق و داده ها، تحقیق کردن و برنامه ریزی در خصوص اینکه چه چیزی را می خواهید طراحی کنید؟	۲- **تبدیل کردن:** مشکل را به عبارات و اصطلاحات زیست شناسی تبدیل کنید (بیولوژیک کردن) و از دیدگاه طبیعت سوالاتتان را مطرح کنید: طبیعت چگونه این کار را انجام می دهد یا چگونه انجام نمی دهد؟ چگونه طبیعت به این عملکرد دست می یابد؟
۴- **تجزیه و تحلیل:** بررسی دقیق جزئیات به منظور شناسایی عوامل مهم و کلیدی	۳- **کشف کردن:** مدل های بیولوژیکی را کشف کنید و به دنبال قهرمانانی باشید که به چالش های شما پاسخ داده و یا آنها را حل و فصل می کنند. برای یافتن الگوها و فرآیندهای تکرار شونده در طبیعت که به موفقیت ختم می شود، خلاصه ای تهیه کنید. استراتژی ها و برنامه های راهبردی در زندگی را طبقه بندی کنید.
۵- **ایده پردازی:** ایجاد طرح کلی، نقشه‌های شماتیک و بیان مفاهیم مرتبط با آن به صورت نوشتاری یا گرافیکی. ۶- **انتخاب:** انتخاب بهترین گزینه و ایجاد طرح اولیه، توسعه دادن طرح، رسیدن به طرح نهایی، یافتن بهترین راه برای ادامه دادن و در نهایت بیان آن به شکلی بسیار واضح.	۴- **تقلید کردن:** راهبردها و شگردهای طبیعت را تقلید کنید، مفاهیم و ایده‌هایی که به شما درس می دهد معلمان طبیعی محسوب می شوند؛ آنها را گسترش دهید و تا حد امکان در طرح‌های خود به کارگیرید. از نحوه انجام کار، فرآیندها، تحولات اکوسیستم، مقیاس ها، فرآیند بیولوژیکی و... تقلید کنید.
۷- **اجرا و ساخت:** روی ایده هایی که انتخاب کرده اید کار کنید و به آنها شکل فیزیکی دهید. جزئیات را مشخص، معیارهای عملکرد را تعیین و آنها را سنتز و ترکیب کنید. در نهایت آن را به واقعیت تبدیل کنید.	۵- **ارزیابی:** راه حل ها را در مقابل اصول زندگی قرارداده و مرور کنید: ... آیا برای شکل دادن ساخته شده است؟ آب چه نقشی ایفا می کند؟ آیا در سطح منطقه سازگار است؟ آیا از موادی استفاده شده که با زندگی سازگار است؟ کیفیت زیست کره را بهتر می کند؟ ...شرایط مساعدی برای زندگی ایجاد می کند؟
۸- **ارزیابی:** برآورد کارهای انجام شده، ارزیابی پس از بهره برداری، بررسی برنامه های آینده و مرحله خود پروری و بهسازی.	**شناسایی:** بر اساس درس های آموخته شده از اصول زندگی، مخلص طرح را گسترش داده و اصلاح کنید. راه هایِ بهبود طرحتان را شناسایی کنید.

ماخذ: نگارنده.

منابع

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

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

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

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

6. 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

7. Ask Nature. “Wing scales Scatter and Diffract Light: Morpho Butterflies,” http://www.asknature.org

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

9. Benyus, Janine M., Biomimicry: Innovation Inspired by Design, New York: Harper Perennial, pp. 2-7, 2002.

10. Benyus, Janine, Tim Mcgee and Sherry Ritter, “Biomimicry in Community Planning,” Biomimicry Institute, 2009. http://www.biomimicryinstitute.org/

11. Berkebile, Bob, Jason McLennan. “The Living Building: Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature,” http://elements.bnim. com/resources/livingbuildingright.html

12. Biomimicry Institute, "Biomimicry: A Tool for Innovation," 2007-2010. http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/biomimicry-a-tool-forinnovation. html
13. Faludi, J. (2005). Biomimicry for Green Design (A How To). World Changing .
14. Gendall, John, "Biomimicry: Architecture That Imitates Life," Harvard Magazine, 2024. http://harvardmagazine.com/2009/09/architecture-imitates life
15. Hastrich, Carl, "The Biomimicry Spiral," Biomimicry Newsletter, The Biomimicry Guild, Vol. 4.1. 2006. http://biomimicry.typepad.com. newsletter/files/biomimicry_newsletter_v4.pdf
16. HCC Group, "Lavasa Corporation," 2010. http://www.hccindia.com/. lavasa_corporation.php
17. HOK News Articles. "HOK and the Biomimicry Guild Form Alliance to Integrate Nature's Innovations in the Design of Buildings Communities and Cities Worldwide," 2008. www.hok.com/cfm/NewsArchive.cfm?CurYear=2008&PressRelease=0&Category
18. Implications. "Learning from Nature." InformeDesign, University of Michigan, Vol. 4.1. pp.1-5, 2010. http://www.informedesign.umn.edu
19. Jacobs, Carrie, "India's New Eco-Friendly City," Travel & Leisure, 2010. http:www.travelandleisure.com/articles/indias-new-eco-friendly-city/1
20. Kilmer, Rosemary & W. Otie Kilmer, Designing Interiors, Florida: Holt Rinehart and Winston, Inc., pp. 154-176, 1992.
21. Mazzoleni, Ilaria.(2013). Architecture follows nature - Biomimetic principles for innovative design, California.
22. McDonough, William & Michael Braungart, "The Next Industrial Revolution." Atlantic Magazine, 1998. http://theatlantic.com/past98oct/ issues/industry.htm
23. National Resources Defense Council, "Adopt a Whole-Building Approach." NRDC, The Earth's Best Defense, www.nrdc.org/ buildinggreen/ approach/
24. Reed, B. (2006). Shifting our Mental Model "Sustainability" to Regeneration. Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings. Sarasota, Florida .
25. Sharklet Technologies, Inc., "From evolution to Medical Solution."
26. The Biomimicry Guild. "Biomimicry Guild Method of Consulting," 2009- 2010. http://www.biomimicryguild.com/guild_services.html
27. Vella, Matt, "Using Nature as a Design Guide: Janine Benyus, dean of the burgeoning "biomimicry" design movement," Business Week Online, 2023. www.businessweek.com/innovate/content/feb2008