# ارزیابی کاربست دانش بیومیمیکری در آموزش طراحی معماری با روش قیاس از طبیعت

**زهره فرشی‌حقی[1]، هادی محمودی‌نژاد*[2]، غلامحسین ناصری[3] و مهدی داداشی[4]**

تاریخ دریافت: 1399/11/11
تاریخ پذیرش: 1400/03/20

**چکیده:** «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 در این حوزه نسبت به فرآیندهای طراحی در نظر گرفته شده، این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به‌ویژه به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. همچنین طبیعت در تمام علوم به ویژه معماری، به عنوان راهنما و الگو استفاده می‌شود. بیومیمیکری (تقلید از طبیعت) علمی است که فرآیند الگوبرداری از طبیعت در «مسأله‌گشایی طراحی» در حوزه‌های فرم، فناوری، مصالح و تکنولوژی دانسته شده است و می‌تواند به عنوان تقلید از سیستم حیات در طبیعت بیان شده و به ارائه راهکارهای نوین در طراحی معماری و ساختمان بپردازد. هدف پژوهش تبیین مفهوم «بیومیمیکری و طراحی» و ماهیت آن رابطه با «آموزش طراحی معماری» است. ماهیت این تحقیق کیفی و روش آن در مرتبه نظری، روش توصیفی تحلیلی و در مرتبه تحلیلی روش توفان فکری و در مرتبه طراحی دانشجویان قیاسی و روش مشارکتی در مرحله آموزش بوده است. جامعه آماری دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی و حجم نمونه 100 نفر بودند، که در بازه زمانی 6 ماه در برنامه آموزشی در دو «گروه آزمایش (50 نفر) و گروه کنترل (50 نفر)» شرکت داشتند. برای رضایت از دوره، انگیزه‌سازی و پیشرفت در خلاقیت با آزمون اسمیرنوف، کوواریانس و آزمون تی‌استودنت ارزیابی شدند. در پایان دوره زمانی آموزش که طی آن بیومیمیکری برای ایده‌پردازی طراحی به‌کار گرفته شد، یک مطالعه از رابطه بین بیومیمیکری و طراحی انجام شد که نتایج و رویه آموزشی بیان شده است.

**واژگان کلیدی**: آموزش طراحی معماری، طراحی قیاسی، بیومیمیکری، قیاس از طبیعت.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول به راهنمایی نگارنده دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان است.

---

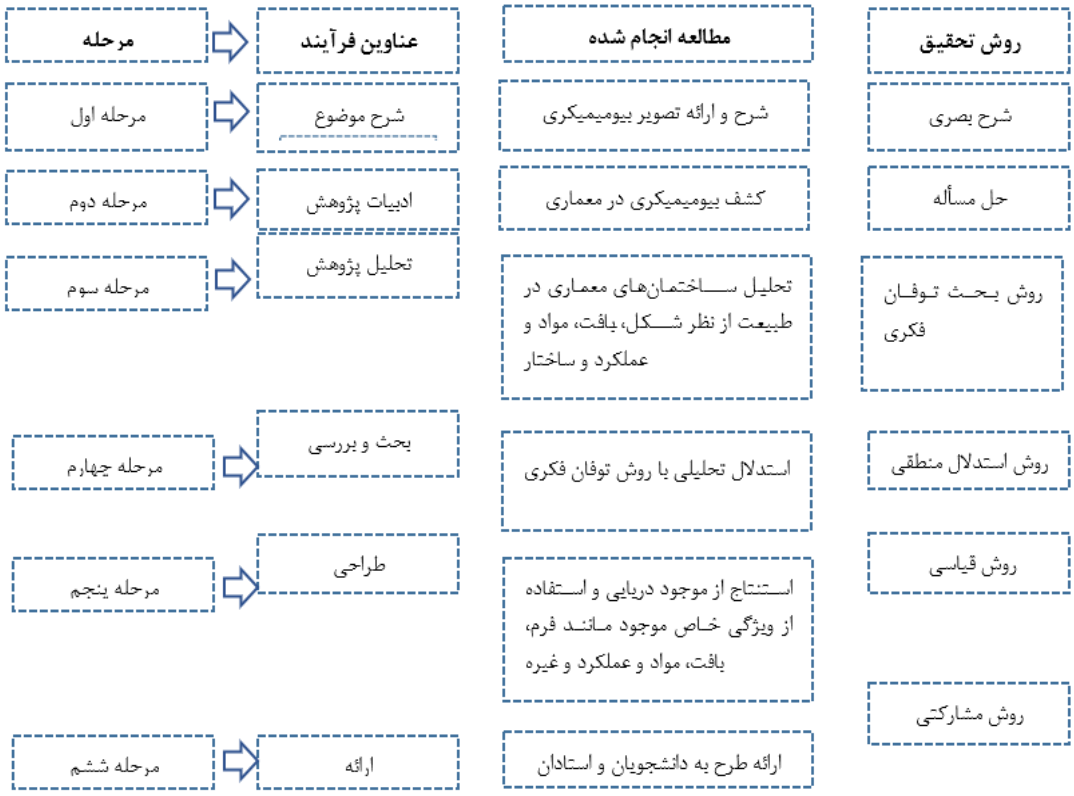
[1] **دانشجوی دکتری معماری**، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.
[2] **استادیار معماری**، واحد مهدی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، مهدی‌شهر، ایران. (نویسنده مسئول) Mahmudinezhad@msh-iau.ac.ir
[3] **استادیار معماری**، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.
[4] **استادیار معماری**، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.

## 1- مقدمه

رویکردهای نوآورانه و روش‌های مختلف آموزشی همراه با پیشرفت‌های جدید در حوزه آموزش طراحی، دیده شده‌اند. از سویی دیگر، نگاه به طبیعت و دیدن راه‌حل‌ها بسیار با ارزش است، به ویژه برای طراحان. طبیعت، منبع بی‌پایان الهام‌بخش برای دانشمندان و مهندسان زمینه-های مختلف مورد علاقه است. هر سازواره، منحصر به فرد و کاملا با محیط خود سازگار است. با واکنش به نیاز خود و یافتن راه‌حل‌هایی که کارساز هستند، طبیعت تکامل می‌یابد. این مسأله در طول نسل‌های بی‌شمار گذشته، درحال آزمایش بقا برای دستیابی به‌نسل بعدی خود ادامه می‌دهد (Badarnah, 2009). 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 (Mahmoudinejad, 2018; Golabchi and Mahmoudinejad, 2017; Mahmoudinejad, 2017) از سوی دیگر، یکی از مهم‌ترین عوارض زیست در شهرهای امروزی، «کمرنگ شدن ارتباط با طبیعت» و بیگانگی نسبت به عناصر و فرایندهای طبیعی است که بازتابی خاص در مطالعات بین‌المللی داشته است (Clark et al., 2014; Stephen Kellert, 2016; Browning, 2014; Zar Pedersen, 2012; Amjad Al-musead, 1996; Wells, 2011; Torrance, 2013; Söderlund, Singh, 2015; Michael, 2011; Kellert, 2015; Kellert, 2018; Berkebile, 2004; Clark, 2014). در طول تاریخ نیز نگاه ویژه به طبیعت در حوزه معماری از معماری ارگانیک، همساز با اقلیم، معماری بیونیک، معماری مولد، معماری پایدار، معماری هوشمند و غیره وجود داشته است؛ لذا با نگهداشتن ایرادات طراحی در حداقل، انتخاب مناسب‌ترین مواد برای طراحی، فراهم نمودن بازیابی و راه‌حل‌ها با توجه به شرایط، طبیعت کارخانه‌ای عظیم است که پایایی و زیبایی دارد. یافتن راه حل برای «طراحی با الهام از طبیعت»، یکی از رویکردهایی است که باید در آموزش طراحی مورد حمایت قرار گیرد. در این مسأله 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 (Faludi, 2005)، یعنی برای این‌که حقیقتا 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 طرح-هایی که سبب تحسین می‌شوند، توانایی غنی‌سازی بسیاری از زمینه‌های زندگی با پیروی و الگوبرداری را از آن دارند. در نتیجه افزایش انباشت دانش و توسعه فرصت‌های تکنولوژیکی، این پتانسیل به تدریج هر روز خود را آشکار می‌کند. «بیومیمیکری»، روشی است که در زمینه طراحی در هر دوره تاریخی، چه آگاهانه یا غیر آن با نتایج مثبت آزمایش شده است. بسیاری از محققان، مطالعات جامعی از این موضوع انجام داده‌اند. حتی اگر یک تاریخچه کوتاه داشته باشد و علمی جدید تلقی شود، به عنوان یک علم به‌جای یک رویکرد طراحی، بیومیمیکری جایگاهی ویژه در آموزش طراحی معماری دارد. هدف اصلی این پژوهش، آموزش یکی از روش‌های طراحی با استفاده از زیست‌الگوسازی و نمایش نقش حیوانات زنده در طراحی معماری است. لذا سوأل اصلی این تحقیق این است که رویکردها و رویه آموزش طراحی معماری برای بهره‌گیری از طبیعت در طراحی معماری کدام است؟ سوأل دوم اینکه چه میزان رضایت در دانشجویان نسبت به این شیوه آموزش در راستای جذابیت آموزش و ارتقا آن ایجاد شده است؟ اهداف اصلی عبارت از: بررسی طراحی بیومیمیکری و روابط آن؛ آموزش مفهوم بیومیمیکری به ویژه در آموزش طراحی معماری؛ گسترش روش یافتن راه‌حل‌ها با نگاه به طبیعت و ارائه یک نقطه‌نظر متفاوت و ارزیابی اثرات این روش بر آموزش طراحی است. این پژوهش از روش‌های فعال درسی هدایت‌شده به سمت این هدف استفاده می‌کند.

## 2- روش تحقیق

هدف اصلی این مطالعه، اعمال بخشی از مفهوم زیست‌الگوسازی به مطالعه با استفاده از روش قیاسی به عنوان یکی از روش‌های طراحی در «درس طراحی معماری» است. گروه مطالعه شامل 100 نفر بوده است. این گروه از جامعه اماری دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهدی‌شهر و منطبق با طرح معماری 3 انتخاب شده‌اند. این اصطلاحات در حوزه دانش طراحی معماری از زیست‌الگوسازی و یادگیری از طبیعت، الهام‌گرفته است. از این تعداد 69 نفر دختر و 31 نفر پسر بوده‌اند. طبقه سنی دانشجویان 43 درصد بین 21 تا 25 سال، 39 درصد بین 26 تا 30 سال و مابقی بالای 30 سال سن داشته‌اند. اطلاعاتی در ارائه‌های دانشجویان درباره «پیشرانی بیومیمیـکری» داده شد. موضـوع طراحی، خانه‌ای برای زندگی در دریا و زیست سازگار با آب در نظر گرفته شده بود. از دانشجویان خواسته شد، تا یک منطقه زنده را در محدوده تخیلی (بدون سایت مشخص ولی در دریا) طراحی کنند که زندگی را در زیر دریا در نظر بگیرد. از هر یک از دانشجویان برای تحقیق از منابع مختلف پرسیده شد و در نتیجه این تحقیق، آن‌ها زندگی را زیر دریا در حوزه «شکل، بافت، ماده، عملکرد و ساختار» تحلیل کردند. در پایان این فرآیند از آن‌ها خواسته شد تا با انتخاب حیوانی که در دریا زندگی می‌کند، در محدوده ویژگی‌های گفته شده در بالا طراحی کنند. پژوهش شامل شش مرحله است: 1. توصیف موضوع، 2. پژوهش مقاله، 3. تحلیل تحقیق، 4. بررسی و بحث، 5. طراحی و 6. ارائه.




**شکل 1- مراحل و فرآیند مفهومی پژوهش**

**Fig. 1-The conceptual process and process of the research**

## 3- نتایج و بحث

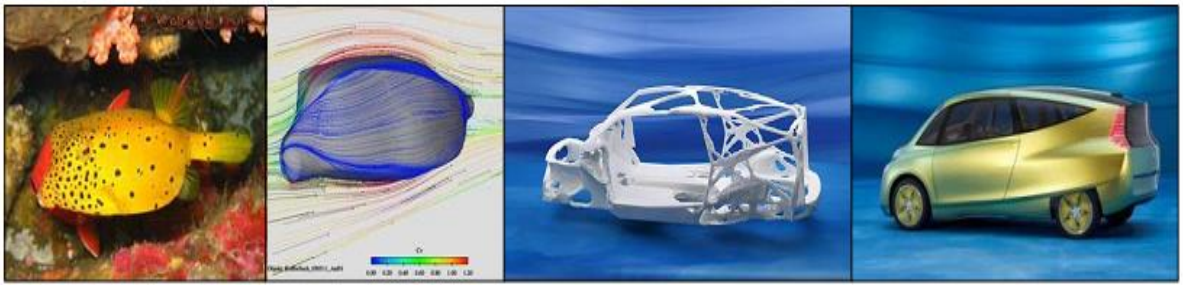
### 3-1-دانش بیومیمیکری

«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 (به خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. بیومیمیکری را می‌توان ترکیبی از زیست‌شناسی، طبیعت و معماری درنظر گرفت. هر دو زیست‌الگوسازی و زیست‌تقلید، علوم جدیدی هستند که مواد را در طبیعت مشاهده می‌کنند و سپس هدف ایجاد راه‌حل‌هایی برای انسان‌ها با تقلید از این طرح‌ها یا با الهام گرفتن از آن‌ها هستند (Golabchi and Mahmoudinejad: A, 2018). لذا مفهوم زیست‌الگوسازی که در این بررسی مورد بحث قرار گرفت یک حوزه کاری جدید است که اصول طبیعت و طرح‌ها و فرآیندهای مطابق با اصولی را انتخاب می‌کند که تداوم زندگی را برای 3.8 میلیارد سال تضمین کرده است. به‌طور خلاصه، زیست‌الگوسازی را می‌توان به عنوان نوآوری که از طبیعت الهام گرفته است، تعریف کرد. زیست‌الگوسازی یک مفهوم است که برای اولین‌بار توسط نویسنده و ناظر علمی جانین بنیوس از مونتانا مطرح شده است. با توجه به شگفتی‌هایی که او در طبیعت در نظرداشت، معتقد بود که مدل‌های آموزشی طبیعت باید تقلید شود (Golabchi and Mahmoudinejad: A, 2017).

هنگامی که این مفهوم به عنوان یک علم از سوی «بنیوس» تلقی شد، آن را با کمک همکارانش و کسانی که علاقه‌مند نزدیک به موضوع بودند، تعمیم داد. حوزه‌ای که توجه ویژه دانشمندان و طراحان را جلب کرد، شروع به تمرین آگاهانه کردند، بنابراین بیومیمیکری به شکلی تبدیل شد که نتایج مثبتی ایجاد کرد و در بسیاری از حرفه‌ها به اجرا درآمد (Kuday, 2009).

### 3-2-چارچوب بیومیمیکری

**«جانین بنیوس»** به‌عنوان بنیان‌گذار جنبش بیومیمیکری شناخته شده است. او یک نویسنده علوم زیستی بسیار معتبر است که با نگاه به طبیعت به‌عنوان 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 ایدئولوژی‌های 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 برتر جایگذاری کند: ارگانیسم، رفتار، اکوسیستم و سازه (Golabchi and Mahmoudinejad, 2018).



**شکل 2- نمونه تقلید از طبیعت (بیومیمکری) در طراحی ماشین**

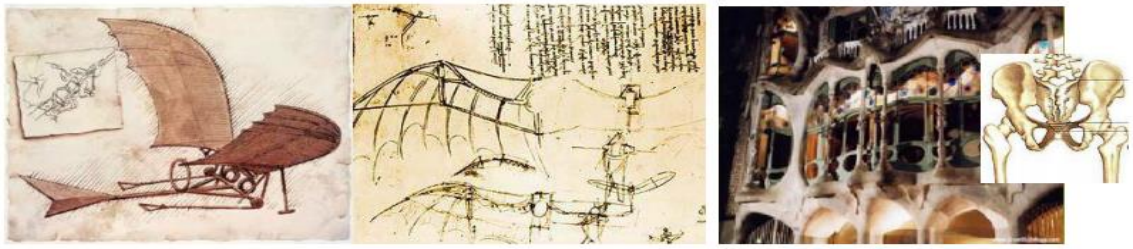
**Fig. 2- Example of Nature (Biomimicry) in machine design**

شکل 3- نمونه بیومیمیکری در طراحی شیشه‌های خودتمیزشونده از لوتوس

**Fig. 3- An example of a Biomimicry in the design of a self-clean of Lotus**

شکل 4- نمونه بنای بیومیمیکری تقلید شده از سوسک زراسه و سمور آبی

**Fig. 4- The example of the Biomimicry in the beetle and the blue weasel**



شکل 5- الگوبرداری از ساختارهای زیستی در طراحی: الف) ماشین پرواز بر اساس بال پرندگان از لئوناردو داوینچی و ب) اسکلت بدن در ساگرادا فامیلیای آنتونی گائودی

**Fig. 5- Benchmarking from the Biological Structures in Design: A) The flight machine based on the wing of the Birds from Leonardo da Vinci and B) of the body in Sagrada, Antoine Gauodi**

شکل 6- الگوبرداری از کاکتوس در طراحی برج کاکتوس

**Fig. 6- Cactus cactus design for cactus design**

**شکل 7-الگوبرداری از ساختارهای زیستی در طراحی**
**Fig. 7-Benchmarking from live in the Design**

### 3-3-مراتب و سطوح بیومیمیکری

سطوح بیومیمیکری عبارتند از:

1. سطح اول بیومیمیکری: تقلید؛ اولین سطح، ارگانیسم است که به تقلید از یک ارگانیسم خاص اشاره دارد. این تقلید می‌تواند از کل ارگانیسم یا بخشی از آن باشد.
2. سطح دوم بیومیمیکری: سطح رفتاری؛ سطح دوم رفتاری است که به تقلید از نوع خاصی از رفتار یا حرکت اشاره دارد که ارگانیسم روزانه برای زنده ماندن یا تکثیر در ارتباط با بافتی بزرگ‌تر انجام می‌دهد.
3. سطح سوم بیومیمیکری: سطح اکوسیستم؛ سطح سوم، اکوسیستم است که به تقلید از اکوسیستمی خاص و نحوه کارکرد موفق آن و عناصر و اصول موردنیازش اشاره دارد.
4. سطح چهارم بیومیمیکری: پیاده‌سازی‌های پزشکی؛ بیومیمیکری تنها به دنبال کشف راه‌حل‌های پایدار جدید در معماری نیست بلکه می‌تواند به شیوه‌ای به نیازهای انسانی کمک کند( Golabchi and Mahmoudinejad, 2018).

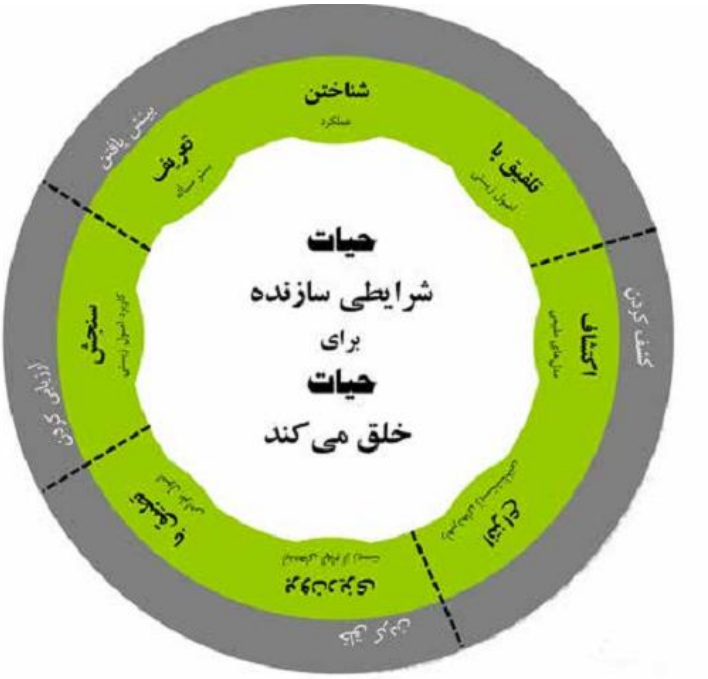
### 4-3-دانش بیومیمیکری و معماری

«چارلز جنکز» هنگامی که بحث مفاهیم معماری در کتابش «پیش‌بینی‌ها و روش‌های معماری2000» (1971) خود را مطرح کرد، از نظر مهندسی بیولوژیک تحت‌تأثیر مفهوم «بیومورفیک» (زیست‌ریخت) در 10 سال آخر قرن بیستم بود (Jenks، 1971). زیست‌الگوسازی که می‌تواند به عنوان «یادگیری بهترین نظرات طبیعت با تقلید از آن‌ها» ترجمه شود، به عنوان علمی جدید با استفاده از «راه‌حل‌های ممکن و پتانسیل راه‌حل در طبیعت» و درحقیقت رشته‌های مادی‌سازی یا مجسم‌سازی با تعاملی که آن‌ها را گردهم جمع می‌کند، در نظر گرفته می‌شود.

**جدول 1- سطوح اطلاعات در تلفیق دانش بیومیمیکری و معماری( Mahmoucinejad, 2017)**

**Tab. 1- Information levels in the integration of Biomimicry and architectural knowledge (Mahmoucinejad, 2017)**

| سطوح زیست-الگوسازی | جنبه‌های سطوح |
|---|---|
| ویژگی‌های ارگانیسم (ویژگی خود ارگانیسم) | ویژگی‌های فرمال شامل شکل، رنگ، رفتار حجمی، شفافیت، سازماندهی و سلسله‌مراتب بخش‌ها و سیستم‌ها، ساختار، ثبات و مقاومت گرانشی، ساخت مواد و فرایند، تحول، رشد و چرخه زندگی، کارکرد و رفتار مورفولوژی، آناتومی، مودالیتی و الگوها، قابلیت حمل و تحرک، بهبودی، ترمیم، بقا و نگهداری، حالت تعادل که سیستم‌های داخلی را متعادل می‌کند، سیستم‌هایی که شامل ارگان، دستگاه گوارش، گردش خون، دستگاه تنفسی، اسکلتی، عضلانی، عصبی، دفع ادراری، حسی، سیستم‌های حرکتی |
| ارتباط جامعه-ارگانیسم | تکنیک‌های بقا، تعامل با سایر موجودات، انتقال دانش میان نسلی و آموزش، سلسله‌مراتب اعضای جامعه، مدیریت و مشارکت گروه، مشارکت و کار گروهی، خودمحافظتی، احساس، پاسخ و تعامل، مدیریت ریسک |
| ارتباط محیط-ارگانیسم (چگونگی تناسب ارگانیسم در بیومتریک و محیط) | تناسب بافت، تطبیق با تغییر، واکنش اقلیمی با خنک‌سازی، گرم کردن و راه‌حل‌های تهویه، پاسخ به بافت با استتار، خودمحافظتی و شستشوی خودبه‌خودی، سازگاری با اکوسیستم ها شامل تعدیل به سطوح مختلف نور یا صدا، سایه و خودروشنایی، ساخت پناهگاه، مدیریت منابع محدود مانند تطابق با فقدان آب، نور یا غذا، مدیریت پسماند |




**شکل 8-نحوه الگوبرداری از طبیعت در معماری بیونیک** (Golabchi and Mahmoucinejad, 2019)

**Fig. 8- How to emulate nature in the bionic architecture** (Golabchi and Mahmoucinejad, 2019)

**شکل 9- رهیافت‌های معماری بیونیک** (Rohizade et al., 2017)

**Fig. 9- Bionic architectural approaches** (Rohizade et al., 2017)

طبق گفته بنیوس اگر این روند یادگیری با گسترش به رشته‌های مختلف ادامه یابد، «انقلاب زیست‌الگو» در سال‌های آینده رخ خواهد داد (Benyus, 1997). ساختمان‌هایی که از سیستم‌های خنک‌کننده در گرمای بیابانی استفاده نمی‌کنند با استفاده از لانه‌های مورچه طراحی شده است (Eastgate Binası، Zimbabwe). آثار کالاتراوا در موزه هنر میلواکی یا مرکز هنر و علم، والنسیا، یک شکل شبیه چشم یا پرنده را دارد.

این نکات الهام‌بخش طبیعت نشان می‌دهد که بیومیمیکری در زمینه معماری، به‌ویژه شکل، ساختار و بافت صورت گرفته است. به همین‌ترتیب، پروژه Kunsthaus معماران Peter Cook و Colin Fournier به

عنوان تقلید از سطح بیرونی با کنترل رایانه و به‌شکل یک هیولا دیده می‌شود (شکل 12).

به عنوان یک فرم، Bahai House of Worship از گل نیلوفر آبی الهام گرفته شده و مورچه‌خوار سختپوش نام حیوانی است که الهام‌بخش سالن کنسرت Armadillo (Clyde Auditorium) است (شکل 11).

شکل هندسی ایستگاه قطار شرق لیسبون دارای یک سبک شاخه‌ای درخت است که ساختار را تعیین می‌کند. ساختار سبک شاخه‌های درختی نیز در فرودگاه اشتوتگارت دیده می‌شود (شکل 14).

**3-5 آموزش طراحی و رویکردهای طراحی**

یکی از مفاهیم اساسی آموزش معماری، طراحی است. اولوگلو (Uluoğlu) (1990) بیان می‌کند که آموزش طراحی می‌تواند به عنوان فرآیند توسعه رفتار درنظر گرفته شود که در آن روش‌های تفکر و استدلال مورد بررسی قرار می‌گیرد (Uluoğlu، 1990). در آموزش طراحی معماری، مربی می‌تواند الگوهای فرآیند طراحی متفاوتی را برای دانشجویانش فراهم کند. برودبنت (Broadbent) (1978) می‌گوید که در هنگام شکل‌گیری سبک معماری، چهار روش مختلف اعمال شده‌اند. این موارد به عنوان رویکردهای زیر توصیف شده‌اند: 1. کاربردی؛ 2. گونه‌شناسی (نمادشناسی)؛ 3. (فرم) استاندارد یا متعارف؛ و 4. قیاسی (Usta, 1994). رویکردهای بیومیمیکری به عنوان یک فرآیند طراحی معمولا به دو دسته تقسیم می‌شوند: رویکرد مبتنی بر مسأله (رویکرد بالا - پایین) و رویکرد مبتنی بر راه‌حل (رویکرد پایین - بالا).

**الف- رویکرد مبتنی بر مسأله**

این رویکرد با نام‌گذاری متفاوت - رویکرد بالا-پایین (Jean Knippers, 2009, Prob)، رویکرد بالا پایین، رویکرد مبتنی بر مسأله- از طراحی بیولوژیکی الهام گرفته شده است (Michael Helms, Swaroop S. Vattam and Ashok Goel, 2009) که همگی اشاره به مفهومی یکسان دارد. این رویکرد به طور مؤثر توسط طراحان شناسایی اهداف اولیه و پارامترهای طراحی هدایت می‌شود (Perdersen Zari, M.2007). الگوی رویکرد مبتنی بر مسأله یک پیشرفت از مراحلی را دنبال می‌کند که در عمل، غیرخطی و پویا است و بازخورد تکراری و حلقه‌های پالایش را فراهم می‌کند (Michael Helms Swaroop S. Vattam and Ashok K. Goel, 2009). همچنین، McDonough بیان داشت که این رویکرد ممکن است راهی برای شروع انتقال محیط ساخته شده از یک نمونه ناپایدار به یک پارادایم موثر باشد. تحقیقات مؤسسه فناوری جورجیا توسط Michael Helms Swaroop S. Vattam و Ashok K. Goel در آزمایشگاه هوش طراحی در سال 2006 این روش را از طریق شش مرحله قطعی تعریف کردند.

**ب- رویکرد مبتنی بر راه‌حل**

وقتی دانش بیولوژیکی بر طراحی انسان تأثیر می‌گذارد، فرآیند طراحی مشارکتی به افرادی وابسته است که از تحقیقات بیولوژیکی یا اکولوژیکی مرتبط با مشکلات طراحی انسانی مشخص بهره می‌برند. یک مزیت این رویکرد این است که زیست‌شناسی ممکن است بر انسان‌ها به روش‌هایی که ممکن است خارج از یک مسأله طراحی از پیش تعیین شده باشند تأثیر بگذارد که منجر به سیستم فناوری‌های پیشین یا حتی رویکردهای طراحی شده‌است. تحقیقات در مؤسسه فناوری جورجیا توسط Michael Helms Swaroop S.V. و Ashok K. Goel که در آزمایشگاه هوش طراحی در سال 2006 انجام شد، این رویکرد را از طریق 7 مرحله قطعی تعریف کرد که در شکل زیر دیده می‌شود.

در مرحله چهار نمودار فوق، طراحان مجبور به چارچوب‌بندی مجدد تفکر درباره چگونگی دید مفید عملکرد طبیعت به دست آمده هستند و درمرحله ششم درحالی که جستجو در حوزه طبیعت شامل جستجو از طریق برخی فضاهای محدود از راه حل‌های مستقل طبیعت است، ممکن است حاوی مشکلات کاملا جدید انطباق‌سازی باشد. روش قیاس که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته است، از رویکرد مبتنی بر راه‌حل و در واقع رویکردی است که تشابهات بین دو چیز را مشخص می‌کند و سبک‌های جدیدی با پدیده یا سبک شناخته‌شده تولید می‌کند (Mahmoucinejad: C, 2019).

شکل 10-(الف) ساختمان Eastgate-Zimbabwe؛ (ب) لانه مورچه؛ (ج) سیستم تهویه

Fig. 10- (i) The Eastgate - Zimbabwe building; (b) ant nests; (c) Ventilationsystem; sources: authores archive

شکل 11- (a) Kunsthaus; (b) Cafe Insel (Wikipedia, 2014)؛

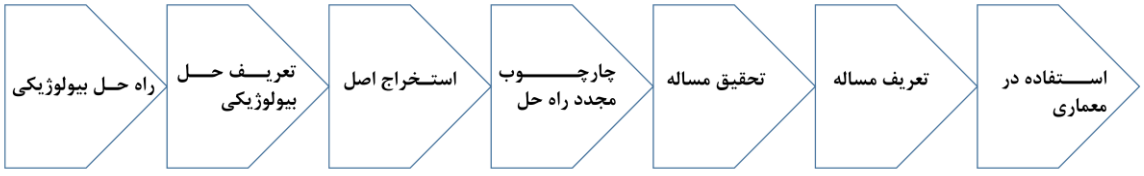
Fig. 11- (a) Kunsthaus; (b) Cafe Insel (Wikipedia, 2014)

شکل 12- (a) سالن کنسرت Armadillo ؛ (b) Baha'i House of Worship(ویکیپدیا، 2020)

Fig. 12- Concert Hall Armadillo) ؛ b (Baha'i House of Worship (WikiPedia. 2020)

شکل 13- (a) ایستگاه قطار لیسبون Oriente؛ (b) فرودگاه اشتوتگارت(ویکیپدیا، 2020)

Fig. 13- (a) Lisbon train station; (b) Stuttgart airport (WikiPedia. 2020)




شکل 14- مراحل رویکرد مبتنی بر راه‌حل(Michael Helms Swaroop S. Vattam and Ashok K. Goel, 2009)

Fig. 14- Solutions based on path - based approach (Michael Helms Swaroop S. Vattam and Ashok K. Goel, 2009)

**3-6-روش قیاسی در آموزش طراحی معماری**

«قیاس»، یکی از مکانیسم‌های شناختی مؤثر است که افراد برای نتیجه‌گیری و یادگیری مفاهیم جدید از آن استفاده می‌کنند و نقش مهمی در توسعه و آموزش دیدگاه‌ها و مفاهیم شناختی دارد. قیاس، ابزار آموزش و یادگیری قوی است و نیز ابزاری مناسب برای بسیاری از اهداف دیگر مانند حل مسأله، تعاریف و ایجاد محیط بحث و گفتگو است. در سال‌های اخیر، قیاس به عنوان یکی از بهترین مؤلفه‌ها در فرآیند تدریس چیزی مرتبط با علم درنظر گرفته می‌شوند (Brown، 1993). تعریف قیاس از نظر محققان مختلف، متفاوت است. برخی از این تعاریف زیر نشان‌داده شده‌اند:

1. قیاس، شباهت برخی از بخش‌ها با مفهوم، اصل و فرمول به یکدیگر است. به طور خاص، قیاس، نگاشت بین ویژگی‌های این مفاهیم، اصول و فرمول‌های آن است (Glynn et al., 1989).
2. قیاس‌ها، استعاره‌ها و مدل‌های فیزیکی، ابزار مفید و مؤثری هستند که برای دانش‌آموزان مدارس مورد استفاده قرار می‌گیرد تا اطلاعات را در ذهن خود حفظ کنند (Asoko & de Boo, 2001).
3. قیاس‌ها توصیفی هستند که برای درک اطلاعات جدید به کار می‌روند. به عبارت دیگر از قیاس برای ایجاد اطلاعات جدید استفاده می‌شود که در حافظه بلند مدت رخ می‌دهد (Lawson, 1993).

در معماری، الهام از موضوع به روش قیاسی، نه تنها طبیعت است، بلکه تحت‌تأثیر مفاهیم بنیادی و انتزاعی، مانند فرهنگ، دین، تصویر، بشریت و غیره قرار می‌گیرد. بیومیمیکری، قیاس زندگی در طبیعت است. طبیعت همواره الهام‌بخش شکل و نظریه معماری بوده است. بسیاری از طراحی معماری از چیزهایی در طبیعت (زنده یا مرده) تحت‌تأثیر قرار گرفته است (Tokman, 2012).

**3-7-بیان یافته‌های تحقیق**

در راستای تعیین رابطه مدل مفهومی با یافته‌های تحقیق باید اشاره کرد که در سازواره 6 مرحله‌ای به طریق زیر عمل شده است:

1. **مرحله اول:** در مرحله اول شرح موضوع درباره طراحی خانه‌ای سازگار با آب توضیحاتی داده شد و خواست طرح شامل زیربناها و سرانه‌ها و ویژگی‌های طراحی مربوط به موضوع مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله سوألات دانشجویان درباره مفهوم و موضوعات دخیل در طراحی شرح داده شد.
2. **مرحله دوم:** در مرحله دوم ادبیات تحقیق و سابقه موضوع دررابطه با بیومیمیکری و قیاس از طبیعت در طراحی خانه‌ای در سازگاری با آب و محیط دریایی بحث شد. در واقع تأکید این بخش بیشتر بر ادبیات تحقیق شامل: بیومیمیکری، عناصر و اصول طراحی طبیعت محور، طراحی سازگار با دریا و موجودات قابل قیاس در ارگانیسم‌های دریایی مورد بحث و آنالیز قرار گرفت. شایان ذکر است 2 جلسه کلاس به صورت ارائه توسط استاد به موضوعات بالا اختصاص یافته است.
3. **مرحله سوم:** در این مرحله برای دستیابی به ایده‌ها و شکل‌گیری کانسپت ذهنی دانشجویان از روش توفان فکری و روش استدلال منطقی استفاده شده است. دانشجویان توانستند در یک رویه مشارکتی، ضمن اگاهی از ایده‌های سایر دانشجویان ساختار تحلیلی منطقی و اصول طراحی بیومیمیکری را تحلیل کرده و اصول استنتاج اولیه را دریافت کنند.
4. **مرحله چهارم:** این مرحله بحث آزاد و اصطلاحا پرداختن به عناصر آشوب در طرح توفان فکری بود. جلسه 5 سرشار از بیان موارد مرتبط یا غیرمرتبط با رویه‌ای مشارکتی در دانشجویان و دریافت اطلاعات از سایر دانشجویان و یا به اصطلاح رهایی از تصورات موجود و سیلان ذهنی مربوط به موضوع بود.
5. **مرحله پنجم:** این مرحله در جلسات 6 الی 9 مربوط به انتخاب یک موجود دریایی و رویه‌ای برای تقلید از آن در طراحی معماری بود. بر این اساس از دانشجویان خواسته شد که یک ارگانیسم دریایی (دلفین، عروس دریایی، ستاره دریایی، اسب دریایی و ساختار ریزانگاشتی: فیتوپلانکتون‌ها و ...) را انتخاب و رویه و روش‌های تقلید از آن‌ها در طراحی را مورد بررسی و تحلیل قرار دهند. در واقع تأکید این بخش به ارائه موارد قیاس از طبیعت در زمینه‌های فرمی

(بیومورفیک و زومورفیک)، عملکردی (بیولوژیک و بیوفیلیک)، مواد و مصالح (نانوتکنولوژیک و بیوتکنولوژیک)، و تکنولوژی (فناوری‌های همگرا، شناختی و زیستی و بهره‌گیری از ارگانیسم‌های زیستی در طراحی تکنولوژی مربوط به سازه) پرداخته شد.

6. **مرحله** ششم: مرحله اخر موسوم به روش ADIM است. در این مرحله نحوه ارائه آزاد بوده و باید هر دانشجو در جلسات 13 الی 15 کار خود و جنبه‌های قیاس از طبیعت در طراحی را به سایر دانشجویان و همکلاسی‌های خود توضیح داده و مورد پرسش سایر دانشجویان با روش مشارکتی فعال قرار گیرد.
7. در هرحال، هر یک از 100 دانشجو که در این درس شرکت داشتند، از آن‌ها خواسته شد که به طور انفرادی تحقیق کنند و در نتیجه این طرح، طرحی الهام‌گرفته از یک موجود زنده منتخب ایجاد شود. دانشجویان به 2 گروه ازمایش و کنترل 50 نفره تقسیم شده‌اند که در گروه آزمایش روش قیاسی آموزش و مبنای طراحی قرار گرفته است. هر دانشجو بررسی خود را به عنوان یک پوستر آماده کرده است. طرح‌ها در یک کلاس ارائه و با سایر دانشجویان به اشتراک گذاشته شد. جهت تجزیه و تحلیل استنباطی و نرمال بودن مؤلفه‌ها، ابتدا از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نشان داد سطح معنی‌داری به دست آمده درکلیه شاخص‌های (رضایت از دوره، انگیزه‌بخشی دوره و نگرش در پیشرفت خلاقیت) بیشتر از 0.05 است و بنابراین شاخص‌ها دارای توزیع نرمالی است.

**جدول 2- نتایج آزمون کالموگروف - اسمیرنف پیرامون نرمال بودن داده‌ها**

**Tab. 2- The results of the Smitnoof test around the normal data**

| Kolmogorov-Smirnova | آماره | p-value |
|---|---|---|
| سنجش رضایت دوره | 0.693 | 0.722 |
| نگرش نسبت به دوره | 0.844 | 0.475 |
| نگرش در پیشرفت خلاقیت | 0.619 | 0.839 |

درخصوص مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده اثربخشی نتایج نشان داد که فراگیران (دانشجویان طرح معماری 3) در دوره طراحی شده بر اساس مدل تجویزی (در گروه آزمایش) رضایت بیشتر، نگرش مثبت‌تر در ایده‌پردازی خلاقانه از طبیعت بر مبانی بیومیمیکری و خلاقیت و تداوم آن در طول فرآیند طراحی نسبت به دوره مبتنی بر شیوه‌های رایج داشتند. در این مطالعه، دانشجویان از موجودات، هم در مقیاس‌های بزرگ و کوچک و هم در طراحی الهام گرفته‌اند. در طراحی‌هایی که ایجاد شده‌اند، با وجود این‌که دانشجویان بر روی فرم متمرکز شده‌اند، مشاهده شده است که آن‌ها با استفاده از چرخه حیات موجود و شباهت‌های مفهومی، خانه‌شان را طراحی کرده‌اند. مشارکت دانشجویان در سطح بالایی حاصل شد. پس از جمع آوری داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش از روش آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. آمار توصیفی که شامل جداول میانگین و انحراف معیار به تفکیک در دو گروه آزمایش و کنترل است.

طبق جدول شماره 3، فرضیه اصلی با بررسی مدل قیاسی بر نگرش دانشجو در بیومیمیکری معماری به این نکته رهنمون شده است که انگیزه نسبت به دوره‌های طی شده و نگرش به افزایش خلاقیت در دوره‌های 17 جلسه کلاسی ارتقا یافته است. در واقع روند آموزش قیاس از طبیعت در طراحی توانسته است ایجاد «انگیزش در پرسشگری» و «ارتقا پیشران‌های خلاقیت» را در دانشجویان محقق کند. بنا به آنچه گفته شد، دانشجویان به دو گروه 50 نفری شاهد و گواه (مورد آزمون قیاس از طبیعت) و گروه آزاد (روش سنتی) تقسیم بندی شدند. در ادامه یافته‌های مربوط به هر مؤلفه اثربخشی به تفکیک بیان شده، در نهایت یافته‌های مربوط به اثربخشی به طور کلی ذکر می‌شود. نتایج آزمون تی‌تست در سه مؤلفه انگیزه‌سازی و سنجش رضایت و پیشرفت خلاقیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطابق جدول شماره 5 نشان می‌دهد که به‌طور معناداری دانشجویان گروه آزمایش رضایت بیشتری (2.7800) نسبت به گروهی داشتند که از شیوه تدریس سنتی برخوردار شده‌اند. همچنین به‌طور قابل توجهی گروه مورد آموزش

قیاسی از طبیعت نسبت به گروه کنترل (آموزش سنتی)، نسبت به عوامل انگیزشی رتبه معنادارتری داشته است. در مؤلفه پیشرفت خلاقیت استنباط دانشجویان این است که بعد از ارائه کار همکلاسی‌های خود به‌صورت ارائه به یکدیگر، در گروه برخوردار از آموزش قیاس از طبیعت، میانگین بالاتری 3.2800 نسبت به آموزش سنتی (گروه کنترل) کسب کرده شده است.

به‌طور اعم نیز می‌توان اشاره کرد که در مقایسه دو گروه آزمایش و کنترل، مؤلفه‌های نگرش، رضایت و خلاقیت در درجه معناداری بالاتری قرار گرفته است. در واقع باید گفت که در ابتدا نگرش گروه برخوردار از آموزش قیاس از طبیعت برتری دارد که بر اساس آن با رضایت بیشتر نسبت به دوره و فرایند طراحی میزان خلاقیت بروز یافته در طرح را بالاتر ارزیابی کرده‌اند.

**جدول 3- متغیر مستقل و وابسته در فرض‌های تحقیق**

**Tab. 3- Independent and dependent variable on the hypothesis of the study**

| فرضیه | متغیر مستقل | | متغیر وابسته | |
|---|---|---|---|---|
| فرضیه اصلی | روش آموزش طراحی | مدل قیاسی | سنجش نگرش دانشجو از دوره بیومیمکری با روش قیاسی | رضایت از دوره طی شده |
| | | | | انگیزه‌سازی نسبت به دوره طی شده |
| | | روش سنتی | | نگرش نسبت به افزایش خلاقیت در دوره |
| فرضیه فرعی | روند آموزش قیاس در معماری بیومیمکیری | | افزایش خلاقیت و استمرار | |

**جدول 4- نتایج آزمون تی‌تست پیرامون مقایسه رضایت از دوره، انگیزه‌سازی دوره و پیشرفت خلاقیت در دو گروه کنترل و آزمایش**

**Tab. 4- The test results show the satisfaction of the period, motivation of the period and the development of creativity in two control groups**

| | گروه | تعداد | میانگین | عدد تی |
|---|---|---|---|---|
| سنجش رضایت از دوره | گروه کنترل | 50 | 2.3200 | 2.82 |
| | گروه آزمایش | 50 | 2.7800 | |
| انگیزه‌سازی دوره | گروه کنترل | 50 | 2.3067 | 3.66 |
| | گروه آزمایش | 50 | 2.9533 | |
| پیشرفت خلاقیت | گروه کنترل | 50 | 2.3076 | 6.78 |
| | گروه آزمایش | 50 | 3.2800 | |

**جدول 5- آزمون تی‌تک نمونه‌ای پیرامون مؤلفه‌های انگیزه، رضایت و پیشرفت در طراحی**

**Tab. 5- Single - sample t - test around the components of motivation, satisfaction and progress in design**

| | | تعداد | میانگین | انحراف معیار | خطای معیار | درجه آزادی | عدد تی | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کنترل | نگرش | 50 | 2.3200 | 0.29809 | 0.07697 | 30.143 | 49 | 0.000 |
| | رضایت | 50 | 2.3067 | 0.32834 | 0.08478 | 27.208 | 49 | 0.000 |
| | خلاقیت | 50 | 2.3067 | 0.40083 | 0.10349 | 22.228 | 49 | 0.000 |
| آزمایش | نگرش | 50 | 2.7800 | 0.55575 | 0.14349 | 19.374 | 49 | 0.000 |
| | رضایت | 50 | 2.9533 | 0.59865 | 0.15457 | 19.107 | 49 | 0.000 |
| | خلاقیت | 50 | 3.2800 | 0.38767 | 0.10010 | 32.769 | 49 | 0.000 |

## 4- نتیجه‌گیری

این پژوهش سعی دارد با استفاده از زیست‌الگوسازی به یکی از موضوعات «رویکردهای طراحی معماری»، یادگیری عملی و بیشتری را به‌کار گیرد. در یک درس دانش طراحی معماری، دانشجویان از روش فعال یادگیری محور استفاده کردند. آن‌ها تلاش کردند تا دیدگاه‌های مختلف دانشجویان را در مورد یک طراحی به دست آورند و نشان داد که چگونه تعامل طراحی و

طبیعت بر یکدیگر تأثیر دارند. دراین پژوهش برای اولین بار، چارچوبی برای شناخت اشکال مختلف بیومیمیکری توسعه یافت و برای بحث در مورد هر روش طراحی مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات موردی تأکید دارند که ادغام بیومیمیکری در محیط‌های داخلی نیازمند معرفی رویکرد در مراحل اولیه فرآیند طراحی است، لذا به‌طور ایده‌آل قبل از شکل‌گیری هر ایده اولیه بایستی بیومیمکری در فرآیند طراحی لحاظ شود. همچنین این مقاله با استفاده از بیومیمیکری به‌عنوان یک روش حل مسأله با روش قیاسی کمک خواهد کرد راه‌حل‌های پایدار و مؤثر را به مهم‌ترین مسائل در محیط‌های داخلی معماری کشف شود. برای توسعه بیومیمیکری، آموزش طراحی باید نقش چشم‌گیری داشته باشد. باید در برنامه درسی آموزش معماری و درجات طراحی گنجانده شود، تا آن‌ها را از پتانسیل رویکرد آگاه سازد. همچنین شبکه‌ها، کارگاه‌ها و رویدادها می‌توانند به ایجاد ارتباطات و انتقال دانش بین طراحان و زیست‌شناسان کمک کند. پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش از روش آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. یافته‌های این پژوهش حاکی از اثربخش بودن مدل قیاسی آموزش بیومیمیکری نسبت به فرآیند معمول، سنتی و رایج بود که اغلب به شیوه سنتی و بیشتر مبتنی بر بررسی نمونه‌های موردی در شروع ایده پردازی (تولید ایده) و تحلیل آن‌ها صورت می‌گرفت. به دلیل تأکید مدل تجویزی بر نقش شیوه فرآیند آموزشی استاد و همچنین مشارکت دانشجویان در فرایند یادگیری، تاکید به پرورش ذهن ناخودآگاه دانشجویان با پیروی از توفان مغزی، ارزیابی ایده های برآمده از راه‌حل‌های طبیعت قبل از انتخاب عجولانه و توجه به بازنگری در ایده‌پردازی این مدل اثربخشی خود را به تأیید رساند و باعث ایجاد نگرش مثبت و بهبود رضایت در فراگیران و افزایش خلاقیت یادگیرندگان با بهره‌گیری از طبیعت و زیست‌الگوها شده است. درپایان می‌توان گفت که استفاده از زیست‌الگوسازی به عنوان روش حل مسأله می‌تواند به ایجاد استانداردی پایدار برای فضاهای معماری، ساختمان‌ها، جوامع و شهرها در سراسر جهان کمک کند. برای معماران و دیگر متخصصان طراحی، یک دنیای کاملا جدید از ایده‌های نوآورانه برای تبدیل محیط داخلی و بهینه‌سازی رفاه انسان ایجاد می‌کند و فراتر از خود پروژه‌ها، اصول بیومیمیکری به ارائه هوشمندانه طراحی کمک خواهند کرد و اثر را با محیط طبیعی مرتبط می‌سازند. در آینده، فضاهای داخلی که افراد در آن زندگی می‌کنند و محیط کاری که در آن کار می‌کنند، ممکن است برای عملکرد مانند ارگانیسم‌های زنده، به ویژه برای مکان و توانایی فراهم کردن تمام نیازهای خود برای انرژی و آب از طبیعت اطراف طراحی شود. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تحلیل‌های از طبیعت مبتنی بر روش بیومیمیکری علاقه، تعجب و انگیزه را افزایش داده‌اند و نشان داده‌اند که این روشی مؤثر برای برقراری ارتباط بین مفاهیم است. سیاست‌ها و راهکارهای آموزشی بیومیمیکری مبتنی بر روش قیاسی با الگوبرداری از طبیعت به شرح زیر است:

1. بهره‌گیری از روش قیاسی در الگوبرداری از طبیعت و دانش معماری بیومیمیکری؛
2. یادگیری با تقلید از موجودات در طبیعت (گیاهان، جانوران و ارگانیسم‌های پست)؛
3. فعال کردن مشارکت فعال دانشجویی در درس طراحی و سایر دروس عملی (رویه آموزشی مشارکتی)؛
4. تفکر علمی پژوهش‌محور با استفاده از طبیعت در فرایند طراحی و پرداختن به مسأله‌گشایی در طراحی (روش قیاس از طبیعت)؛
5. بهبود حل مسأله و حدس توانایی‌ها (قدرت انگیزش، رضایت و خلاقیت در فرآیند آموزش)؛
6. توسعه مهارت تفکر یادگیرنده و خلاقیت‌زایی در فرآیند مسأله‌گشایی طراحی؛
7. انگیزه‌بخشی و بهبود توانایی تحلیلی (مراحل 3 مدل مفهومی تحقیق)؛
8. یادگیری این‌که بسیاری از مسائل، راه‌حلی در طبیعت دارند و یادگیری مفاهیم علمی و تصحیح اشتباهات مفهومی (مرحله 5 و توفان فکری موجود در مدل مفهومی تحقیق)؛

9. لذت از آموختن در دانشجویان و علاقه به دروس طراحی راهبردی زیستی (در تقابل با روش‌های سنتی آموزش).

همچنین در رویکرد مسأله‌محور از بالا به پایین شناخت مشکل به عنوان اولین مرحله با جستجوی راه‌های بیولوژیکی همراه می‌شود. سپس انتزاع و جداشدن از مدل‌های بیولوژیکی مفروض برای طراحی در ذهن طراح (دانشجو) مطرح شده است. تجزیه و تحلیل بازخورد بهره‌گیری از روش‌های انالوگ بیولوژیکی می‌تواند در این رویکرد در نهایت به راه‌حل طراحی منتهی شود. در رویکردهای مسأله‌محور از پایین به بالا که کمتر در کلاس و این پژوهش استناد شده است، تحقیقات بیولوژیکی اولین گام است؛ یعنی شناخت و تحلیل ارگانیسم‌های بیولوژیکی و زیست‌ساختارهای زنده و تحلیل‌های بیومکانیکی و مورفولوژیک و گاهی بیومیمتیکس مورد موضوع شناخته شده است. سپس درک اصول قیاس از این ارگانیسم‌های زیستی و بیولوژیکی مورد توجه شده که از طریق انتزاع به پیاده‌سازی فنی و تکنیکال و در نهایت بسترسازی به حل مسأله احتمالی پیش‌آمد بعدی می‌انجامد. در پایان شاین ذکر است که از آنجاکه این یک پژوهش کوتاه‌مدت بود لذا قادر به تولید طراحی‌های واجد شرایط نشد.

**تشکر و قدردانی**: بدین‌وسیله از دکتر محمود گلابچی، دکتر محمدرضابمانیان و دکتر جانین بنیوس (رییس پژوهشکده بیومیمیکری استکهلم سوئد) برای در اختیار گذاشتن منابع موردی تحقیق و از دانشجویان دانشگاه که در طی این مطالعه همکاری صمیمانه و صادقانه داشتند، و همچنین «معاونت پژوهشی واحد دامغان» سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

Amjad Almusaed (2004). Intelligent sustainable strategies upon passive bioclimatic houses, Arkitektskole in Aarhus, Denmark .p. 74.

Amjad Al-musead (2002). Town texture specific for the warm zone, AD Review, issue nr 12-1996, Bucharest.

Antoniades, Antoni (2002) The Poetics of Architecture (Creation in Architecture) Theory of Designing Intangible Strategies towards Architectural Creativity, translated by Ahmad Reza I, Soroush Publications, Tehran [in Persian].

Asoko, H., deBoo, M. (2001). Analogies and Illustrations: Representing Ideas in Primary Science. Hatfield: The Association for Science.

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

Benyus, J. M. (1997). Biomimicry Innovation Inspired by Nature. Harper Perennial, New York .

Berkebile, B. (2007). Master Speaker Address. Proceedings of Living Future Conference. Seattle, WA .

Berkebile, B., & McLennan, J. (2004). The Living Building: Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature. BioInspire, 18.

Biomimicry Guild. (2007). Innovation Inspired by Nature Work Book. Biomimicry Guild. April .

Brown, D.E. (1993). Refocusing Core Intuitions: A Concretizing Role for Analogy in Conceptual Change. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1273-1290 .

Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). 14 Patterns of Biophilic Design. New York: Terrapin Bright Green, LLC.

Clark, E., Chatto, CH.F. (2014), Biophilic Design Strategies to generate wellness and productivity, National professional conference, April 22-24, 2014.

Dagher, Z.R. (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change? Science Education, 78, 601-614 .

Dahl, R. (2013). http://ehp.niehs.nih.gov/pdf-files/2013/Jan/ehp.121-a18_508.pdf.

Education.

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

Glynn, S.M., Britton, B.K., Semrud-Clikeman, M., ve Muth, K.D. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Text Boks. Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research, pp. 383-393. New York, Plenum .

Mahmoudinejad, Hadi P. (2017) Bionic Architecture, Tehran Tahan Publications [in Persian].

McDonough, W. & Braungart, M. (2002) Cradle to Cradle - Remaking the Way We Make Things. New York, North Point Press .

Michael, P. (2011). Biomimicry in Architecture - Mitigation and Adaptation to Climate Change. RIBA.

Mir Hosseini, Seyed Mojtaba and others (2019) Explaining the criteria of life based on bionic science in human settlements, Human Geography Research, Volume 52, Number 2 [in Persian].

Nalcakan, H. (2006). Architectural Education and Turkey in Globalizing World. Master's Thesis, Yıldız Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .

Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. (2007). An Ecosystem Based Biomimetic Theory for a Regenerative Built Environment. Lisbon Sustainable Building Conference 07. Lisbon, Portugal.

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

Rohizadeh, Amirreza and others (2017) Utilization of nature in design education, Bagh-e Nazar, Volume 16, Number 68 [in Persian].

Sarah H. Wright. (2006). three at MIT conceive cell-shaped building Retrieved from http: web.mit.edu/newsoffice/2006/cellbuilding.html .

Singh, A. (2015). Biomimicry-an alternative solution to sustainable buildings. Journal of Civil and Environmental Technology, 2(14), 96-101.

Söderlund, J., & Newman, P. (2015). Biophilic architecture: a review of the rationale and outcomes. AIMS Environmental Science, 2(4), 950-969.

Stephanie Watson. (2009). Learning from Nature. Inform Design, vol.02 issue Retrieved from www.informedesign.umn.edu .

Stephen Robert Kellert, Dimensions, elements, and attributes of biophilic design, Yale University, Retrieved on: 12 August 2016.

Golabchi, Mahmoud and Mahmoudinejad, Hadi (2019) Biomimicry and Biophilic Architecture, Tehran Pars University Press [in Persian].

Golabchi, Mahmoud and Mahmoudinejad, Hadi (2019) Biomorphic and zoomorphic architecture, Tehran Pars University Press [in Persian].

Goodwin, Eric P. (2005). Field Guide to Interferometric Optical Testing. The international society for optical engineering .

Hansell, M. (2005). Animal Architecture. New York, Oxford University Press .

Hastrich, C. (2006). The Biomimicry Design Spiral. Biomimicry Newsletter. 4.1, 5-6 .

Helms, M., Swaroop, S. V., & Geol, A. K. (2009). Biologically inspired design: Processs and product. Elsevieir. 606-622 .

Jencks, C. (1971). Architecture 2000: Predictions and Methods, International Thomson Publishing, London.

Kellert, S. & Calabrese, E. (2015). The Practice of Biophilic Design. Retrieved from: www.biophilicdesign.com.

Kellert, S. (2018). Nature by Design: The Practice of Biophilic Design. Yale University Press.

Kellert, S.F. & B. Finnegan (2011). Biophilic Design: The Architecture of Life (Film). Bullfrog Films.

Kinppers, J. (2009). Building and Construction as a Potential field for the Application of Modern Bio Mimetic Principles International Biona Symposium. Stuttgart .

Kuday, I. (2009). Examination of the Term Biomimicry as a Supporting Factor in Design Process. Master's Thesis, Mimar Sinan Fine Arts University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .

Lawson, A. E. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1213–1214.

Mahmoudinejad, Hadi A. (2017) Biomimicry architecture of imitation of nature in design, Tahan Publications [in Persian].

Usta, A. (1994). Form Analysis in Anatolian Turkish Architecture. PhD Thesis, Karadeniz Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Trabzon.

Vincent, J. F. V., Bogatyrev, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N. R. & Bowyer, A. (2005). Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. Creativity and Innovation Management. 14, 66-72.

Wells, M. (2011). Designing for Biodiversity: Productivity and Profit, Environmental Briefing Note. British Council of Offices.

Zar Pedersen, M. (2012). Ecosystem Services Analysis for The Design of Regenerative Urban Built Environments. Victoria University of Wellington.

Stepich, D.A., Newby, T.J. (1988). Analogizing as an Instructional Strategy. Performance and Instruction, 27(9) p. 21-23 .

Tokman, L. (2012). Mimarlik Uzerine Bir Bilimsel Arastırma: Tasarım, Yontem, Uygulama. Elif Yayınevi Yayınları, Ankara.

Toronto City Planning.

Torrance, S. B., & McGlade, T. (2013). City of Toronto guidelines for biodiverse green roofs. Toronto:

Uluoglu, B. (1990). Architectural Design Education: Design Knowledge Communicated in Studio Critiques. PhD Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .