



## Woodiconf-12

# جایگاه علم بیومیمیکری و بیومیمتیک در طراحی مبلمان

هادی غلامیان<sup>۱\*</sup>، مهدیس حسن پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

hadi\_gholamiyan@ut.ac.ir

## چکیده

طبیعت، کارخانه بزرگی است که در آن عیوب به حداقل می‌رسد، مناسب ترین ماده را برای این منظور انتخاب می‌کند، آنها را بازیافت می‌کند و حتی هر عنصر را مطابق شرایط تغییر می‌دهد. بیومیمیکری مدل‌ها را در طبیعت مورد بررسی قرار داد، سپس تقلید از این طرح‌ها یا الهام گرفتن از آنها که هدف آن ارائه راه حل برای مشکلات مردم است، یکی از شاخه‌های جدید علم است. از گذشته تا به امروز بسیاری از رشته‌ها طرح‌ها و راه حل‌هایی با الهام از طبیعت تولید کرده اند. معماری داخلی نیز یکی از این رشته‌هاست. طراحی داخلی، ساختار، راحتی و متریال در طراحی مبلمان و همچنین تاثیر این طرح‌ها انجام می‌شود. مبلمان همیشه یک جنبه نمادین از سبک زندگی و غنای فرهنگی بشر بوده است. فرم، ساختار یا مواد موجود در طبیعت که برای طراحی مبلمان هم برای اهداف زیبایی شناختی و هم برای اهداف کاربردی استفاده می‌شود. در چارچوب مفهوم بیومیمیکری، طرح‌های مبلمان ساخته شد که هم از فرم‌ها و هم از ساختارهای موجود در طبیعت الهام گرفته شده و دقیقاً اعمال می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بیومیمیکری، چوب، مبلمان، بیومیمتیک، طبیعت

## مقدمه

## معرفی

طبیعت همیشه منبع الهام برای انسان بوده است. در واقع انسان تمام نیازهای خود از قبیل سرپناه، بقا و حفاظت را در غارهایی که در طبیعت به آسانی در دسترس بود برآورده می‌کرد. بعدها بود که پناهگاهی برای حفاظت و دفاع ساختند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که انسان به طور همزمان اشکال و ساختارهای طبیعی را مشاهده کرده و سعی در یادگیری آن داشته و به پناهگاه نیاز داشته است. طراحان همچنین مشاهده کرده اند که زندگی در طبیعت چگونه پیش رفت و آغاز شد برای ایجاد اولین پناهگاه‌ها یا با مشاهده یا تقلید از سازه‌های طبیعی. طبیعت با مکانیسم‌ها، طرح‌ها و پتانسیل‌های تحسین برانگیز خود فرصت‌های فراوانی را برای غنی‌سازی جنبه‌های مختلف زندگی به آنها داد. در نتیجه افزایش انباشت دانش و توسعه فرصت‌های تکنولوژیکی، این ظرفیت بالقوه هر روز کمی بیشتر خود را نشان می‌دهد. علوم پایه؛ از طبیعت گرفته تا مدل، سنجش و مربی، یادگیری بسیار زیاد است. با بیومیمیکری می‌توان به بررسی مدل‌ها در طبیعت پرداخت، سپس تقلید از این طرح‌ها یا الهام گرفتن از آنها که هدف آن ارائه راه حل برای مشکلات مردم است، یکی از شاخه‌های جدید علم است.



بیومیمیک به عنوان یک روح راهنما برای همه علوم امروزی و پیشرفت در نتیجه تقلید و مشاهده طبیعت، ما را در حوزه معماری نیز تحت تاثیر قرار می دهد (Tokman, 2012). بدون شک بیومیمیکری به طور فزاینده ای بر درک طراحی در آینده تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین، این فرصت را می دهد تا مفهوم بیومیمیکری را به طراحان معرفی کند، و آنها را قادر می سازد تا دیدگاه خود را گسترش دهند و چیزهای اطراف را منحصر به فردتر ارزیابی کنند. از آنجا که هر روزه نیاز بیشتری برای طرح های بهینه و زیبا در این صنعت حس می شود تقاضا افراد برای یک طراح خوب هر روزه بیشتر از قبل می شود. مبلمان یک منزل نه تنها کارایی و کاربردی بودن را به فضا می بخشند بلکه سبک و شخصیت آن فضا را نیز تدائی می کنند. طراحی، ظاهر و سبک آن ها با گذشت زمان تکامل یافته و تغییر کرده اند. این به طراحان کمک می کند تا درک کنند که عنکبوت نه تنها یک عنکبوت است، بلکه یک تولید کننده و طراح مواد است در حالی که یک مورچه تنها مورچه ای نیست که سازه هایی شبیه به قلعه های شنی می سازد. نگاه به طبیعت و دیدن راه حل ها برای طراحان اهمیت ویژه ای دارد. طراحی باید از این اصل پیروی کند و این مقدار باید تعمیم یابد. بیومیمیکری روشی است که آگاهانه یا ناخودآگاه در هر دوره طراحی آزمایش شده و نتایج مثبتی به همراه داشته است. پشتیبانی از بیومیمیکری در هر نوع آموزش طراحی بدون شک مزایای قابل توجهی خواهد داشت زیرا علیرغم سابقه کوتاه آن به عنوان یک رویکرد علمی و نه یک رویکرد طراحی تلقی می شود.

### بیومیمیکری

هم بیومیمیک و هم بیومیمتریک علوم جدیدی هستند که مواد موجود در طبیعت را مشاهده می کنند و سپس با تقلید از این طرح ها یا با الهام گرفتن از آنها، به دنبال ایجاد راه حل هایی برای انسان ها هستند. مفهوم بیومیمیک که در این مطالعه مورد بحث قرار گرفت، یک حوزه کاری جدید است که اصول پیش روی طبیعت و مواد و فرآیندهای طراحی را مطابق با این اصول انتخاب می کند که تداوم زندگی را برای ۳.۸ میلیارد سال تضمین می کند. به طور خلاصه، بیومیمیکری را می توان به عنوان «نوآوری که از طبیعت الهام می گیرد» تعریف کرد. بیومیمیکری مفهومی است که برای اولین بار توسط نویسنده و ناظر علم جانین بنیوس که اهل مونتانا است مطرح شد. بنیوس با اندیشیدن به شگفتی هایی که در طبیعت می دید، معتقد بود که باید از مدل های موجود در طبیعت تقلید کرد.

به طور خلاصه مفهوم بیومیمیکری، که از زمانی که جانین بنیوس به عنوان یک علم به آن پرداخته بود، توسط دوستان و سایر افراد علاقه مند به این موضوع پرداخته و رایج شده است. زمینه ای که مورد توجه خاص دانشمندان و طراحان بود، شروع به تحقق آگاهانه کرده است. بنابراین، بیومیمیکری به نگرشی تبدیل شده است که در مشاغل متعدد به کار می رود و نتایج مثبتی به همراه دارد (Kuday, 2009).

### بیومیمیک در طراحی

این مفهوم که از ریشه های "bios-life" و "mimesis-to imitate" گرفته شده است و به طور مشابه با اصطلاحات "Biomimetic"، "Biomimesis"، "Biognosis" و "Bionic" استفاده می شود، این مفهوم در رشته های مختلف در تحقیقات و مطالعات به منظور توسعه استفاده می شود. فناوری های پیشرفته تر با "یادگیری از طبیعت". بیومیمیکری ممکن است به زبان ما به عنوان "یادگیری با تقلید از بهترین ایده های طبیعت" ترجمه شود و به عنوان شاخه جدیدی از علم با تجسم "راه حل های احتمالی و پتانسیل راه حل در طبیعت" در رشته های مختلف و حتی از این طریق در نظر گرفته شود. تعاملی که رشته ها را یکپارچه می کند. "بنابراین، انسانی که از طریق مشاهده طبیعت تجربه کسب می کرد، شروع به آموختن از طبیعت به عنوان وسیله ای برای مقایسه و مربی فراتر از الگو گرفتن آن کرده است" (بنیوس، ۱۹۹۷).

«تقلید از طبیعت» برای قرن ها موضوع رایجی بوده است که تقریباً در هر نوع هنر، حوزه های اجتماعی و علمی وجود دارد و اکنون در رشته های متعددی از جمله معماری، مجسمه سازی، نقاشی، معماری داخلی و طراحی صنعتی و غیره برای یافتن



اولین همایش ملی فناوری های نوین در سازه های چوبی و مهندسی مبلمان با رویکرد فنی و مهارتی  
۲۸ آذرماه ۱۴۰۲  
ایران - تهران

راه حل ها به آن متوسل می شود. مشاهده، تجزیه و تحلیل و مدل سازی ویژگی های مواد و فرم های موجود در طبیعت از جمله پایداری، سبکی، مقاومت در برابر بارهای دینامیکی و استاتیکی، ویژگی های شکلی و ساختاری که باعث صرفه جویی در انرژی، سکوت، خود ترمیم شونده می شود، توجه بسیاری از دانشمندان را به زنده و غیر زنده معطوف کرد. در طبیعت شکل می گیرد. از این رو؛ بنیوس فکر می کند که اگر این فرآیند یادگیری در سایر رشته ها رایج شود، «انقلاب بیومیمتری» در سال های بعد اتفاق خواهد افتاد» (بنیوس، ۱۹۹۷).

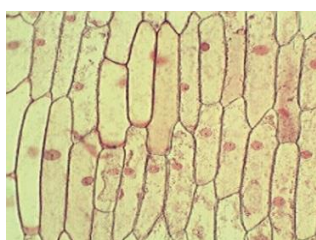
معماری داخلی نیز تحت تأثیر رواج روزافزون بیومیمیکری در میان شاخه های علمی قرار گرفته است و مصالح و فرم های موجود در طبیعت به ویژه در طراحی مبلمان جایگاه خود را پیدا کرده اند. مشاهده نمونه های مبلمان تحت تأثیر میکروارگانیسم ها، گیاهان یا ساختار اسکلت حیوانات که دقیقاً طراحی شده یا اصلاح شده و با الهام از طبیعت در اندازه های ماکرو یا میکرو تولید شده اند، امکان پذیر نیست.



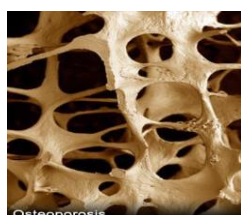
شکل ۱: صندلی راحتی، یک کپی دقیق از یک لیلیوم طراحی شده توسط آلبینا باشارووا.



شکل ۲: میز ملخ، طراحی شده توسط Alvaro Uribe که از اعضای بدن و مفاصل ملخ الهام گرفته شده است.



شکل ۳: صندلی Biomimicry طراحی شده توسط لیلیان ون دال که از ساختار سلول گیاهی استفاده می کرد (شکل ۳).



شکل ۴: صندلی استخوانی طراحی شده توسط جوریس لارمن، که از ساختار استخوان در شرایط پوکی استخوان الهام گرفته شده است



شکل ۵: صندلی کوارتز توسط دیوید برزاقی طراحی شده است که مستقیماً الهام گرفته شده است. صندلی کوارتز با ظاهری کریستالوئیدی از اشکال هندسی صاف و منحنی در داخل قاب تشکیل شده است.



شکل ۶: میز درختی توسط هنرمند متال اسکات کاوود طراحی شده است. جدولی از فولاد آهنگری و جوش داده شده با شکل دقیق یک درخت.

### نمونه‌ای از طراحی بیومیمیکری

بیومیمیکری؛ صندلی نرم پرینت سه بعدی (۲۰۱۴) مرحله شروع تحقیقات گسترده لیلیان برای سازه‌های ارگانیک به منظور بهینه سازی صنعت صندلی‌های نرم است. در این پروژه فارغ التحصیلی برای دوره تحصیلات تکمیلی طراحی صنعتی در KABK، او لایه‌های صنعت فعلی را جدا کرد. مواد مختلفی از سراسر جهان جمع‌آوری می‌شود و به ندرت می‌توان محصولات داخلی را یافت که به صورت محلی تولید شوند. علاوه بر این، مونتاژ شامل مواد شیمیایی مانند چسب است که چرخه چرخشی را نیز دشوارتر می‌کند. لیلیان صندلی نرم صندلی را طراحی کرد که می‌توان آن را با الهام از ساختارهای سلولی گیاهی به صورت محلی تولید کرد. نتیجه یک صندلی نرم است که با نیازهای شخصی سازگار است و شامل تمام عملکردهای ساخته شده از یک ماده است.



شکل ۷: نمونه ای از طراحی بیومیمیکری

### بیومیمتیک

اصطلاح "بیومیمتیک" از دو کلمه یونانی باستان مشتق شده است: *bios* (βίος) که به معنای زندگی است، و *mīmēsis* (μίμησις) یا *mīmeisthai* (μιμεσθαι) به معنای تقلید. این اصطلاح نشان دهنده تقلید از مدل‌ها یا سیستم‌های مختلف طبیعت است که منجر به ایجاد عناصر جدید و بدیع از محیط ما می‌شود. اصطلاح دیگری با معنای مشابه، بیومیمیکری است که در سال ۱۹۵۰ توسط Otto Herbert Schmitt (۱۹۱۳-۱۹۹۸)، مخترع، مهندس و بیوفیزیکدان آمریکایی معرفی شد. اشمیت اصطلاحی



برای توصیف انتقال ایده ها و تشبیهات از حوزه زیست شناسی به فناوری می خواست. نه اصل بیومیمیک (بیومیمتیک) که توسط Janine M Benyus تعریف شده است، در درجه اول بیانگر روشهایی هستند که در آنها طبیعت کار می کند، یعنی طبیعت بر روی نور خورشید می چرخد. طبیعت فقط از انرژی مورد نیاز خود استفاده می کند. طبیعت متناسب با فرم است. طبیعت همه چیز را بازیافت می کند. طبیعت به همکاری پاداش می دهد. بانک های طبیعت در مورد تنوع؛ طبیعت نیاز به تخصص محلی دارد. طبیعت افراط و تفریط را از درون مهار می کند. و طبیعت از قدرت حدود بهره می برد و توسط موسسه بیومیمیکری گسترش یافته است، که شش اصل اصلی بیومیمیک و ۲۳ اصل را تشکیل می دهد:

۱. منابع (مواد و انرژی) کارآمد.

۲. برای زنده ماندن تکامل یافته است.

۳. سازگار با شرایط متغیر.

۴. توسعه یکپارچه با رشد.

۵. به صورت محلی هماهنگ و پاسخگو.

۶. از شیمی سازگار با محیط زیست استفاده می کند.

بیومیمتیک زمینه ای است که پتانسیل ارائه راه حل های مختلف برای مقابله با چالش های بزرگ جهانی را دارد. جست و جوی راه حل های پایدار برای چالش های انسانی، دانشمندان، مهندسان، معماران، طراحان و مبتکران را وادار کرده است تا از عناصر طبیعت بیاموزند

یک رویکرد بیومیمتیک می تواند در تمام جنبه های طراحی تفاوت ایجاد کند. رویکرد بیومیمتیک می تواند راه حل هایی را برای بسیاری از ۱۵ چالش جهانی تعریف شده توسط پروژه هزاره، از جمله توسعه پایدار، تامین آب، فناوری اطلاعات، سلامت، انرژی، و علم و فناوری ارائه دهد. محقق Ingo Rechenberg پیش بینی کرد که تا سال ۲۰۹۹، دنیای زیست میمیک از طریق علم مواد، فناوری های تولید، سیستم های انرژی، تحرک، فناوری های حسگر، بازیافت، رباتیک، ورزش، علوم رایانه و حتی سیاست اجرا خواهد شد.

تحقق عملی رویکرد بیومیمتیک (زیست شناسی بر مفاهیم طراحی تأثیر می گذارد) در سه مرحله صورت می گیرد: بیولوژیکی، هندسی، و فنی. برای درک دقیق یک مدل، مرحله بیولوژیکی شامل جمع آوری و استفاده از دانش از مناطق مختلف از جمله گیاه شناسی و جانورشناسی است. همچنین دانشی برای ایجاد ارتباط بیشتر با مراحل هندسی و فنی رویکرد بیومیمتیک ضروری است. علاوه بر این، یک تحلیل دقیق برای یافتن مدل مناسب از طبیعت و به دنبال آن یک مرحله هندسی استفاده می شود. یک مرحله هندسی شامل پردازش هندسی مواد بیولوژیکی جمع آوری شده است. این روش با ارائه روش های هندسی مناسب که می تواند برای تعریف شکل یک مدل مبتنی بر طبیعت مورد استفاده قرار گیرد، به فرآیند مدل سازی نزدیک می شود. هدف گام فنی ارائه یک تحقق عملی از مدل هندسی قبلاً به دست آمده است.

نمونه دیگری از رویکرد بیومیمتیک توسط آگاتیدیس در مطالعه ای در مورد اجرای طرح بیومورفیک ارائه شده است. اصطلاح «بیومورفیسیم» از گوته گرفته شده است و از دو کلمه یونانی βίος (به معنای زندگی) و μορφή (به معنای شکل) تشکیل شده است. بیومورفیسیم به اشکال و الگوهای الهام گرفته از طبیعت و اشکال در هنر، معماری و طراحی مربوط می شود. روش طراحی ایجاد شده توسط آگاتیدیس بر اساس سه مرحله اصلی بود: تجزیه و تحلیل، ریخت زایی و دگردیسی.

فاز اول، تجزیه و تحلیل، گردآوری داده ها و تعریف قوانین طراحی، مشابه روش اول را پوشش می دهد. فاز دوم، مورفوژن، یک فرآیند یافتن فرم دیجیتال یا فیزیکی مشابه مرحله دوم، یعنی فاز هندسی، رویکرد بیومیمتیک به کار رفته است. نتایج این مرحله را می توان به صورت نمونه های اولیه یا مدل های تولیدی نشان داد. فاز نهایی طراحی پارامتریک سازنده کمتر به پارامترها و بیشتر به داده های تعبیه شده در یک شی ۳ بعدی از پیش تعیین شده اشاره دارد. و دگردیسی، فرآیند تبدیل مدل های دیجیتال به دنیای فیزیکی را پوشش می دهد. این مرحله شبیه مرحله نهایی، یعنی مرحله فنی، روش بیومیمتیک است. ابزارهای پارامتریک





مبتنی بر الگوریتم هستند و کنترل محاسباتی را بر هندسه طراحی ارائه می دهند. مدلسازی پارامتریک برای کاوش طراحی تحت تنظیمات طراحی مختلف بسیار مفید است.



شکل ۸: مدلسازی پارامتریک

مدلسازی پارامتریک، همانطور که توسط پدرسن تعریف شده است، در طراحی مبلمان شهری توسط نویسندگان ویتو دی باری و آلفردو تاسکا قابل مشاهده است. عنصر مبلمان شهری، My Equilibria، بخشی از مفهوم نصب تناسب اندام در فضای باز است که تجربه تمرین را دوباره تعریف می کند و مرزهای بین هنر، تجهیزات فنی و جامعه محلی را می شکند. برای مرحله بیولوژیکی، با الهام از طبیعت، از عصب برگ استفاده می شود. به عنوان یک روش هندسی، از نمودار Voronoi برای به دست آوردن فرم هندسی مناسب برای فرآیند مدل سازی استفاده شد (شکل ۸). علاوه بر این، این مدل از نظر فنی حل شد، و در حال حاضر نشان دهنده یک مبلمان شهری است که برای تمرینات تناسب اندام در فضای باز استفاده می شود. نمونه های مختلفی از مدل سازی عناصر مختلف در پروژه های معماری و منظر-معماری و همچنین در حرفه های دیگر از جمله تولید لباس وجود دارد. بیومیمتیک ها می توانند با الهام بخشیدن به طرح های نوآورانه از طریق استفاده هوشمندانه از مواد و ساختارهای مختلف در جنبه عملکردی لباس، به بهبود ردپای اکولوژیکی در بخش پوشاک کمک کنند.

طراحی بیومیمتیک یک زمینه تحقیقاتی نوظهور در طراحی است که به دنبال استخراج سیستماتیک دانش بیولوژیکی برای حل مشکلات طراحی است (McAdams, 2014 & Stone, Goel). این رویکرد الهام بخش بسیاری از طراحان در تاریخ طراحی بوده است. با این حال، این نسبتاً جدید است که با نیاز فزاینده به پایداری و تمایل به خلاقیت و نوآوری در طراحی، به جنبشی تبدیل شده است (گوئل، واتام، ویلتگن و هلمز، ۲۰۱۴).

جدول ۱: شاخص های بیومیمتیک و بیومیمیکری

رویکرد مشخصه	نوع الگوی طبیعت	نمونه الگو در طبیعت
شاخص های فرمی	الگوهای شامل از فرم ها و قوانین موجود در طبیعت	روابط هندسی در اشکال و فرم
		رنگ
		بافت/رویه
		تناسب (نسبت های طلایی)
شاخص های محیطی	الگویی شامل از فرم و عملکرد	تعادل
		یکپارچگی
		همزیستی ها



اولین همایش ملی فناوری های نوین در سازه های چوبی و مهندسی مبلمان با رویکرد فنی و مهارتی  
۲۸ آذرماه ۱۴۰۲  
ایران - تهران

نمونه الگو در طبیعت	نوع الگوی طبیعت	رویکرد مشخصه
مکانیزم های عملکردی		
انطباق فرم و عملکرد		
آیرویدینامیک	الگوهای شامل از مکانیزم های عملکردی	شاخص های سازه ای
اتصالات و انتقال نیرو		
تجدید شدنی/باز یافت شدنی		
بدون آزمون و خطا		
پایدار	الگوهای شامل از فرآیندهای تولیدورشد	شاخص های اقتصادی
ترمیم کننده	در طبیعت	
دارای مدیریت زمان و انرژی		
صرفه جویانه		

بررسی ادبیات رویکرد طراحی بیومیمتیک نشان می دهد که این رویکرد دارای یک فرآیند طراحی دوطرفه است (زاری، ۲۰۰۷؛ هلمز، واتام و گول، ۲۰۰۹؛ اسپک و همکاران، ۲۰۰۸؛ الزینی، ۲۰۱۲؛ سالگوئیردو، ۲۰۱۳؛ هلفمن و رایش، ۲۰۱۶؛ انکاندو و علی بابا، ۲۰۱۸؛ فارل و یانو، ۲۰۱۳). این دو جهت را می توان از قبیل رویکرد «راه حل محور» (همچنین به نام فشار از پایین به بالا یا فشار زیست شناسی نامیده می شود) و رویکرد «مشکل محور» (از بالا به پایین یا کشش فناوری) (Salgueiredo, 2013) ذکر کرد. با شروع از راه حل (زیست شناسی) و ختم به مسئله (فناوری) یا بالعکس، در پایان، دانش از زیست شناسی به فناوری برای حل مسائل تکنولوژیک منتقل می شود (هلفمن و ریچ، ۲۰۱۶).

### رویکرد راه حل محور

در یک رویکرد راه حل محور، زیست شناس رفتار، کارکردها و سایر ویژگی های دانش بیولوژیکی را تعیین می کند و طراح برای یک نیاز موجود طراحی می کند. بنابراین دانش بیولوژیکی بر طراحی انسان تأثیر می گذارد. مزیت این رویکرد این است که دانش زیست شناسی ممکن است طراحی را به روش هایی غیر از مسئله طراحی از پیش تعیین شده تحت تأثیر قرار دهد. نقطه ضعف این است که باید یک تحقیق بیولوژیکی جامع انجام شود و سپس اطلاعات جمع آوری شده باید به عنوان مرتبط در زمینه طراحی تعیین شود (زاری، ۱۳۸۶). بنابراین زیست شناسان و بوم شناسان باید بتوانند پتانسیل تحقیق در نوآوری اجرای طراحی را بدانند (الزینی ۲۰۱۲)

### رویکرد مشکل محور

در یک رویکرد مشکل محور، که در آن طراحان به دنبال راه حل ها به دنیای زنده نگاه می کنند، طراحان ملزم به شناسایی مشکلات هستند و سپس زیست شناسان باید آنها را با سیستم های بیولوژیکی که مسائل مشابه را حل کرده اند مطابقت دهند (زاری، ۱۳۸۶). مراحل برای رویکردهای راه حل محور و مشکل محور است. در مورد اول، تحقیق پدیده های بیولوژیکی ویژگی های جالبی را نشان می دهد که می تواند برای برنامه های طراحی مفید باشد و در دومی، یک مسئله طراحی، جستجوی بیولوژیکی را



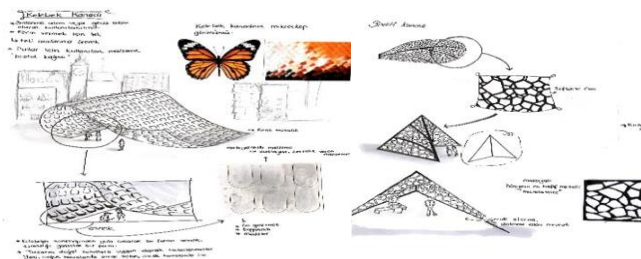
آغاز می کند. راه حل هایی که می تواند برای حل مشکل مفید باشد. در هر دو مورد، الهام از طبیعت به عنوان انتقالی بین زمینه های زیست شناسی و طراحی برای تولید ایده ها دیده می شود.

### مرحله انتزاع در طراحی بیومیمتیک:

"انتزاع اصول گرا"/"انتزاع فرم گرا"

طراحی بیومیمتیک نوع خاصی از "طراحی با قیاس" بر اساس قیاس های طبیعت است. طراحانی که تلاش می کنند طراحی بیومیمتیک را با قیاس پیاده سازی کنند، با چالش های متعددی روبرو هستند (لینزی و ویسواناتان، ۲۰۱۴). سطوح بیومیمیکری برای ایجاد قیاس در مرحله تولید ایده در فرآیند طراحی استفاده می شود. قیاس ها شامل استفاده از شباهت ها بین موقعیت های مختلف برای انتقال دانش در بین مفاهیم و حوزه ها برای حل مسئله است (سالگونیرو، ۲۰۱۳). در مرحله انتزاع فرآیند طراحی بیومیمتیک، رابطه بین زیست شناسی و فناوری ایجاد می شود و سیستم بیولوژیکی در چارچوب استدلال قیاسی ارائه می شود. انتقال دانش از یک مدل یک سیستم بیولوژیکی به یک مدل از یک سیستم تکنولوژیکی تحقق می یابد. این مدل باید توضیح دهد که چگونه مشکل در زیست شناسی حل می شود و ممکن است حاوی ارجاعاتی به عملکردها، رفتارها یا اصول طراحی باشد در صورتی که به راه حل مربوط می شوند (هلفمن و ریچ، ۲۰۱۶). استون و همکاران (۲۰۱۴) الهام را از طریق اشکال طبیعت در سه نوع مختلف مانند بصری، مفهومی و محاسباتی طبقه بندی می کنند. در الهام بصری، تصاویر یا سایر تصاویر بصری یک سیستم بیولوژیکی برای ایجاد طرحی با ظاهر بصری یکسان استفاده می شود. در الهام مفهومی، استفاده از دانش موجود در زیست شناسی اصول طراحی را شکل می دهد. الهام محاسباتی جستجو در طبیعت برای یافتن الگوریتم ها به عنوان محاسبات تکاملی است (Stone et al., 2014).

مرحله انتزاع هسته اصلی فرآیند طراحی بیومیمتیک است. انتزاع مرحله اصلاح دانش بیولوژیکی به برخی از اصول کاری است که راه حل بیولوژیکی را توضیح می دهد و می تواند بیشتر به طراحی نهایی منتقل شود (هلفمن و ریچ، ۲۰۱۶). طبق گفته Santulli و Langella (۲۰۱۱)، "زیست الهام" یک تقلید رسمی از هندسه طبیعی (بیومورفیزم) نیست. در مقابل، این امر مستلزم انتقال استراتژی های جدید الهام گرفته از سیستم های طبیعی به فرهنگ طراحی، از طریق مرحله انتزاع است. در طراحی بیومیمتیک، "انتزاع اصول گرا" دانش بیولوژیکی (ارگانیزم، فرآیند یا اکوسیستم با الهام مفهومی یا محاسباتی)، به جای "انتزاع فرم گرا" (با الهام بصری)، به نظر می رسد یکی از دشوارترین چالش ها باشد. در زمینه معماری داخلی، زیست شناسی معمولاً به عنوان کتابخانه ای از اشکال یا تزئینات استفاده می شود (Jugendstil, Art Nouveau)، با این حال، تقلید یا الهام گرفتن از فرم های طبیعی بدون مرحله انتزاع، بیومیمتیک نیست (El-Zeiny, ۲۰۱۲). مطالعه راسین (۲۰۱۰) بیان می کند که عمل معماری داخلی باید مشکلات طراحی را با استفاده از اصول آزمایش شده با زمان طبیعت در فرآیند طراحی به عنوان منبع الهام، "بیولوژیک" کند (روسین، ۲۰۱۰). این بدان معناست که برای بیومیمتیک بودن یک طرح، باید از علم طبیعت مطلع شود، نه فقط ظاهر آن (الزینی، ۲۰۱۲).



شکل ۹: طرح های سناریوی طراحی بیومیمتیک

مطالعات





طرح های نهایی مورد بررسی قرار گرفت تا ترجیحات شرکت کنندگان در رابطه با نوع، ویژگی و جنبه های مدل الهام بخش زیستی برای انعکاس به طرح آن ها مشاهده شود. نتایج ذکر شده است:





- اکثر طرح ها از حیوانات (تار عنکبوت، رادیولاریا، پروانه، مرجان، فوت وب، مگس و جویا، اشعه، آلباتروس، سیناپس، ماهی، خارپشت دریایی، لاک پشت، خفاش) به عنوان مدل الهام زیستی استفاده کردند. الهام زیستی از گیاهان کاملاً محدود بود.
- اکثر پروژه ها از ویژگی های عملکردی برای الهام گیری زیستی مانند "انعطاف پذیری، سبکی و دوام" استفاده می کردند. سایر ویژگی های انتخاب شده عبارتند از "درخشش، نرمی، تولید برق، ساختار و بال باز".
- ترجیح جنبه مدل الهام زیستی برای بازتاب به طراحی برابر بود. ۵ گروه انتخاب شدند تا جنبه «فناوری» را منعکس کنند (مرجان، فوت وب، پرتو، سیناپس، لاک پشت). ۵ گروه انتخاب شدند تا جنبه "مادی" را منعکس کنند (تار عنکبوت، رادیولاریا، پروانه، مگس ماهی) و ۵ گروه انتخاب شدند تا جنبه "فرم" (ایزوپود، آلباتروس، قارچ، خفاش دریایی، خفاش) مدل الهام زیستی را در طراحی خود منعکس کنند.

جدول ۲: طراحی های بیومیمتیک

تصویر الهام بخش / مدل غرفه سبک وزن	درجه	اصل - جهت دار فرم جهت گرا	رویکرد طراحی راه حل محور / مشکل محور	ویژگی پس تقلید غرفه سبک وزن	ارگانیزم طبیعی / فرآیند اکوسیستم تقلید شده
	۳	اصول گرا	راه حل محور	انعطاف پذیری	تار عنکبوت
	۳	اصول گرا	راه حل محور	قابلیت گسترش / سبکی	رادیولاریا
	۲	اصول گرا	راه حل محور	انعطاف	بال پروانه
	۱	اصل گرا	مسئله محور	دوام	مرجان
	۳	اصل گرا	مسئله محور	انعطاف	پاپوب
	۲	اصل گرا	راه حل محور	سبکی / شفافیت	بال پرواز
	۱	اصل گرا	راه حل محور	دوام / انعطاف	جورپا
	۴	اصل گرا	راه حل محور	تولید برق	سفره ماهی
	۱	اصل گرا	راه حل محور	بال پهن	مرغ دریایی
	۴	اصل گرا	راه حل محور	توانایی اتصال نقطه های / ساختار	سیناپس



اولین همایش ملی فناوری های نوین در سازه های چوبی و مهندسی مبلمان با رویکرد فنی و مهارتی  
۲۸ آذرماه ۱۴۰۲  
ایران - تهران

تصویر الهام بخش / مدل غرفه سبک وزن	درجه	اصل - جهت دار فرم جهت گرا	رویکرد طراحی راه حل محور / مشکل محور	ویژگی پس تقلید غرفه سبک وزن	ارگانیزم طبیعی / فرآیند اکوسیستم تقلید شده
	۴	اصل گرا	راه حل محور	درخشان	پولک ماهی
	۲	اصل گرا	راه حل محور	بافت نرم	قارچ
	۱	اصل گرا	راه حل محور	دوام / سبکی	توتیای دریایی
	۴	اصل گرا	راه حل محور	دوام	لاک لاکپشت
	۱	اصل گرا	راه حل محور	سبکی	بال خفاش

جدول ۳: طراحی های بیومیمیکری

نوع الهام	تصویر طبیعی	طرح انجام شده
با الهام از باکتری "Bacillus subtilis" تشکیل می شود. سطح را با موادی به همان شکل ها پوشانده است.		
با الهام از فرم "سلول ماهیچه صاف". طراحی را با استفاده از همان شکاف های روی سطح تکمیل کرد.		
الهام گرفته از شکل سلولی باکتری "پروتوزوا". سعی شد این اثر را با باز کردن شکاف های مشابه روی سطح منعکس کند.		
با الهام از "سلول عصبی". ساختارهای کاربردی مانند عصب ساختار روی سطح		
موجودات از تحت تاثیر قرار گرفتن رنگ دیاتوم ها و قسمت هایی از به صورت یک فرم منعکس می شود.		

نوع الهام	تصویر طبیعی	طرح انجام شده
گرده ها میکروسکوپی تصاویر سطحی لایه ساختار تحت تأثیر قرار می گیرد.		

با مشاهده تصاویر جدول بالا می توان درک کرد که هر زیبایی در طبیعت در خدمت زیبایی دیگری است، توانایی خود را برای تفکر متفاوت در طراحی توسعه داد، متوجه شد که طبیعت چقدر عالی و الهام بخش است، از درس ها لذت برد، دانش عمومی خود را با یادگیری در مورد موجودات زنده مختلف افزایش داد، به لطف تنوع طبیعی، طرح های مختلفی ساخت، با انتزاع طرح های طبیعی در طبیعت، طرح های منحصر به فردی را خلق کرد، به لطف مبلمان طراحی شده، با طبیعت ارتباط متفاوتی برقرار کرد، نقطه شروع طراحی را به راحتی پیدا کرد، طرح موجود را به جای طرح جدید تفسیر کرد، متوجه شد که نقاط شروع چقدر گسترده است، جنبه های اسرار آمیز را در مقیاس کلان و خرد کشف کرد، می توان با تناسبات، سیستم ها و فرم های موجود در طبیعت، طرح های زیبایی شناختی و مؤثرتری ساخت.

## نتیجه گیری

به عنوان یک روش طراحی، بیومیمیکری به ما این شانس را داده است که در طراحی های خود از سیستم، تکنیک، رنگ، هارمونی، تناسب و غیره استفاده کنیم که طبیعت به ما ارائه می دهد. در نتیجه این روش که عملکرد دقیق طبیعت را به کار می گیرد، طرح هایی که رخ می دهند قوی تر هستند زیرا کپی دقیقی از این روش در ماهیت و کارکردها وجود دارد. روش هایی که از طبیعت کامل به دست می آیند، نقاط شروع غنی را در مطالعات ما فراهم می کنند و طرح های یکپارچه ممکن است با تکنیک صحیح رخ دهند. دستورالعمل های نظم بی نقص طبیعت کمک قابل توجهی به توسعه طرح های ما خواهد کرد. این واقعیت که همه چیز در طبیعت با رعایت قوانین وجود دارد روند شروع را تسهیل کرد. برای نتیجه گیری، بیومیمیکری به ما این شانس را داده است که در طراحی های خود از سیستم، تکنیک، رنگ، هارمونی، تناسب و غیره استفاده کنیم که طبیعت به ما ارائه می دهد. در مینا قرار دادن طرح های شکل گرفته با این روش بر داده های علمی عینی مؤثر بود. روش هایی که از طبیعت کامل به دست می آیند، نقاط شروع غنی را در مطالعات ما فراهم می کنند و طرح های یکپارچه ممکن است با تکنیک صحیح رخ دهند. نظم کامل طبیعت فرآیند تصمیم گیری و آزمون و خطا را تسهیل می کند و به جان بخشیدن به طرح در ذهن، شکل دادن به آن یا یافتن راه حل از طریق تولید کمک می کند. استفاده از بیومیمیکری و بیومیمتیک در طراحی مزایای زیادی دارد. برخی از این مزایا عبارتند از:

- بهره وری بهبود یافته: طبیعت میلیون ها سال است که وجود داشته است، و در طول این مدت، تکامل یافته است تا بسیار کارآمد باشد. از این کارایی بهره می برد و منجر به طراحی های کارآمدتر در تمام جنبه های زندگی می شود.
- زباله کمتر: هنگام طراحی محصولات یا فرایندها بر اساس مدل های طبیعت، زباله بسیار کمتری تولید می شود. این به این دلیل است که طبیعت قبلاً استفاده از مواد را کامل کرده است و به ویژگی های اضافی یا غیر ضروری متکی نیست.
- پایداری: یکی از پایداری ترین فلسفه های طراحی است. متکی بر استفاده از منابعی است که از قبل در دسترس هستند و هدف آن ایجاد محصولات و فرایندهایی است که سازگار با محیط زیست هستند و وابستگی ما به منابع تجدیدناپذیر را کاهش می دهند.
- نوآوری: طبیعت مبتکر نهایی است و از آن برای ایجاد طرح های جدید و نوآورانه استفاده می کند. با مطالعه چگونگی حل مشکلات طبیعت، می توانیم راه حل های منحصر به فرد خود را برای مسائل پیچیده طراحی ایجاد کنیم.



- تنوع طراحی: طبیعت به طور مداوم در حال تکامل است و طرح های مختلف زیادی را در زمان بسیار کمتری نسبت به زمانی که انسان ها برای توسعه نوآوری های یکسان نیاز دارند، ایجاد می کند اجازه می دهد تا نوآوری و طراحی را در مقیاس ها و سرعت هایی که قبلاً دیده نشده بود، به دست آورد.
  - تأثیر مثبت بر اقتصاد محلی: بسیاری از نوآوری های الهام گرفته از بیومیمیکری توسط مشاغل کوچک و صنعتگران محلی ایجاد می شوند. هنگامی که این محصولات و فرآیندها موفقیت آمیز باشند، بر اقتصاد محلی تأثیر مثبت می گذارند. دلایل زیادی برای در نظر گرفتن استفاده از بیومیمیک در طراحی وجود دارد. برخی از مهمترین مزایا عبارتند از بهبود کارایی، کاهش ضایعات، پایداری، نوآوری، تنوع طراحی و تأثیر مثبت زیست میگری روی اقتصادهای محلی.
- طراحی بیومیمتیک پایه و اساس بسیاری از طرح های نوآورانه بزرگ در طول تاریخ بوده است. با این حال، هنوز چیزهای زیادی برای درک در مورد شیوه های طراحی از رویکرد بیومیمتیک، مکانیسم های شناختی زیربنایی، و روش های ترجیح داده شده برای پیاده سازی و آموزش این رویکرد وجود دارد. به عنوان یکی از رشته هایی که از بیومیمیک برای الهام استفاده می کند، معماری داخلی عموماً از زیست شناسی به عنوان کتابخانه ای از اشکال استفاده می کند. با این حال، این به تنهایی بیومیمتیک نیست. خود طرح باید شامل زیست شناسی باشد. هدف از رویکرد طراحی بیومیمتیک نه تنها الهام گرفتن از فرم ها، بلکه درک و تطبیق عملکردها، ویژگی ها و فرآیندهایی است که فرم را تشکیل می دهند. سازماندهی یک کارگاه چند رشته ای است که برای دانشجویان طراحی و همچنین دانشجویان سایر رشته ها مانند زیست شناسی باز است. به این ترتیب، انتقال دانش بیولوژیکی ممکن است دقیق تر و کارآمدتر شود. به طوری که دانشجویان طراحی بتوانند به راحتی اصول منابع بیولوژیکی را به عنوان داده های طراحی درک، ترکیب و استفاده کنند. پس با مطالعه و آگاهی در حوزه زیست شناسی می توان از علم بیومیمتیک و بیومیمیکری در طراحی مبلمان زیبا و کاربردی راه حل محور و مشکل محور پیشرفت چشمگیری در آینده کرد چراکه حال طراحی محصول کاربردی بسیار مهم تر از محصول زیبا می باشد.

## منابع

- Arslan, G. Y. (2014). Biomimetic Architecture A New Interdisciplinary Approach to Architecture. *ALAM CIPTA, International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice*, 7(2), 29-36. [https://frsb.upm.edu.my/upload/dokumen/FKRSE1\\_157-542-1-PB.pdf](https://frsb.upm.edu.my/upload/dokumen/FKRSE1_157-542-1-PB.pdf)
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry - Innovation Inspired by Nature*. New York, Harper Collins Publishers
- El-Zeiny, R. M. A. (2012). Biomimicry as a problem solving methodology in interior architecture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50, 502-512. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812031928>
- Farel, R., & Yannou, B. (2013). Bio-inspired ideation: Lessons from teaching design to engineering students. In *DS 75-7: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies*, Vol. 7: Human Behaviour in Design, Seoul, Korea, 19-22.08. 2013 (pp. 327-336). <https://www.designsociety.org/publication/34597/Bioinspired+ideation%3A+Lessons+from+teaching+design+to+engineering+students>
- Felek, S. Ö., & Gül, Ö. (2019). Evaluation of strategies of creativity development used in store design projects based on student projects. *Design and Technology Education: an International Journal*, 24(1), 101-121. <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2517>
- Goel, A. K., Vattam, S., Wiltgen, B., & Helms, M. (2014). Information-processing theories of biologically inspired design. In *Biologically Inspired Design* (pp. 127-152). Springer, London. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-5248-4\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-5248-4_6)
- Helfman C.Y. & Reich, Y. (2016). The Biomimicry Design Process: Characteristics, Stages and Main Challenge. In *Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability* (pp. 19-29). Springer, Cham. <https://www.springer.com/gp/book/9783319339962>
- Helms, M., Vattam, S. S., & Goel, A. K. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design studies*, 30(5), 606-622. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142694X09000283>





- Karshi, U. T., & Özker, S. (2014). The contributions of workshops on formal interior architecture education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 47-52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814052197>
- Linsey, J. S., & Viswanathan, V. K. (2014). Overcoming cognitive challenges in bioinspired design and analogy. In *Biologically Inspired Design* (pp. 221-244). Springer, London. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-5248-4\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-5248-4_9)
- Nkandu, M. I., & Alibaba, H. Z. (2018). Biomimicry as an Alternative Approach to Sustainability. *Architecture Research*, 8(1), 1-11. <http://article.sapub.org/10.5923.j.arch.20180801.01.html>
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. London, UK: RIBA Publishing. [https://books.google.com.tr/books/about/Biomimicry\\_in\\_Architecture.html?id=NQmsuAAA-CAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.tr/books/about/Biomimicry_in_Architecture.html?id=NQmsuAAA-CAAJ&redir_esc=y)
- Rossin, K. J. (2010). Biomimicry: nature's design process versus the designer's process. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138, 559-570. <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/DN10/DN10050FU1.pdf>
- Salgueiredo, C. F. (2013, June). Modeling biological inspiration for innovative design. In *20th International Product Development Management Conference, Paris, France*. [http://i3.cnrs.fr/wp-content/uploads/2016/05/Freitas\\_conferenceI32013.pdf](http://i3.cnrs.fr/wp-content/uploads/2016/05/Freitas_conferenceI32013.pdf)
- Santulli, C., & Langella, C. (2011). Introducing students to bio-inspiration and biomimetic design: a workshop experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 471-485. <https://www.springerprofessional.de/en/introducing-studentsto-bio-inspiration-and-biomimetic-design-a-/5490788>
- Gruber P (2011) *Biomimetics in architecture: architecture of life and buildings*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0332-6>
- Nestorović M, Čučaković A, Jović B (2008) Geometric correlation of folded spatial structures in the function of bionics. Paper presented at the Conference UNGIG, Izdavač, Proceedings moNGeometrija, 25–27 September, 2008
- Čučaković A, Jović B, Komnenov M (2016) Biomimetic geometry approach to generative design. *Period Polytech Arch* 47(2):70–74. <https://doi.org/10.3311/PPar.10082>
- Pedersen ZM (2007) Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability, Proceedings of the NZ Sustainable Building Conference. Auckland, New Zealand.
- Vincent JFV, Bogatyreva OA, Bogatyrev NR, Bowyer A, Pahl AK (2006) Biomimetics: its practice and theory. *J Roy Soc Interface* 3(9):471–482. <https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>
- Stokoe C (2013) *Ecomimesis: biomimetic design for landscape architecture*, Essey, Malad
- Benyus JM (2002) *Biomimicry: innovation inspired by nature*. Harper Perennial, New York
- Oguntona OA, Aigbavboa CO (2017) Biomimicry principles as evaluation criteria of sustainability in the construction industry. *Energy Procedia* 142: 2491–2497. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.188>
- Gebeshuber IC, Gruber P, Drack M (2009) A gaze into the crystal ball: Biomimetics in the year 2059. *Proc Inst Mech Eng, Part C: J Mech Eng Sci* 233(12):2899–2918. <https://doi.org/10.1243/09544062JMES1563>
- Jović B, Tripković M, Čučaković A (2011) Geometric correlation of cultural landscape patterns and *Prunus domestica* L. species leaf. *Glasnik Šumarskog Fakulteta* 104:29–40. <https://doi.org/10.2298/GSF1104029J>
- Jović B, Mitić A (2019) Introduction of nature forms through urban design: biomimetic method in the process of designing candelabra model. In: Abstracts of the 12th Asian forum on graphic science, China Graphics Society, Kunming, 9-12 August 2019
- Agkathidis A (2016) Implementing biomorphic design. In: Abstracts of the eCAADe, University of Oulu, Oulu, 22-23 August 2016
- Dino IG (2012) Creative design exploration by parametric generative systems in architecture. *METU J Faculty Arch* 29(1):207–224
- Eltaweel A, Su YH (2017) Parametric design and daylighting: a literature review. *Renew Sust Energy Rev* 73:1086–1103. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.011>
- Stavric M, Marina O (2011) Parametric modeling for advanced architecture. *Int J Appl Math Inf* 5(1):9–16
- Abbasli U, Selcuk SA (2016) Biomimetic design principles as an inspirational model: case study on urban furniture. *IJAUS* 1:41–52





- Park JJ, Dave B (2014) Bio-inspired parametric design for adaptive stadium façades. *Australas J Constr Econ Build-Conf Ser* 2(2):27–35. <https://doi.org/10.5130/ajceb-cs.v2i2.3886>
- Blain JM (2018) *The complete guide to blender graphics: computer modeling & animation*, 4th edn. Taylor and Francis, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9780429196522>
- My Equilibria. <http://www.myequilibria.com>. Accessed 7 Aug 2018
- Čučaković A, Obratov-Petković D, Jović B, Mitić AD (2018) Parametric modeling as geometric tool for designing urban model of biomorphic form inspired by flower of bell flower (*Campanula persicifolia* L.). In: Abstracts of the 6th international conference on geometry and graphics, University of Novi Sad, Novi Sad, 5–10 September 2003
- Jović B (2018). Biomimetic principles in landscape architectural design [Biomimetički principi u pejzažnoarhitektonskom dizajnu]. Symposium "Landscape Horticulture 2018" [Simpozijumu, Pejzažna hortikultura 2018"], Association for Landscape Horticulture of Serbia and the University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade
- Kapsali V, Dunamore P (2008) Biomimetic principles in clothing technology. In: Abbott A, Ellison M (eds) *Biologically inspired textiles*. Woodhead Publishing, New York. <https://doi.org/10.1533/9781845695088.2.117>
- Josifović M, Stjepanović L (1974) *Flora of SR Serbia [Flora SR Srbije]* VI. SANU, Belgrade
- Blender software. <https://www.blender.org>. Accessed 7 Aug 2017
- Grinde B, Patil GG (2009) Biophilia: does visual contact with nature impact on health and well-being. *Int J Environ Res Public Health* 6(9):2332–2343. <https://doi.org/10.3390/ijerph6092332>
- Velarde MD, Fry G, Tveit M (2007) Health effects of viewing landscapes landscape types in environmental psychology. *Urb For Urb Green* 6(4):199–212. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2007.07.001>
- Jović B, Čučaković A, Tomićević-Dubljević JT, Mitić AD (2018) Examination of the experience of biomorphic form materialized in urban design model. In: Cocchiarella L (ed) *ICGG 2018-proceedings of the 18th international conference on geometry and graphics*. Springer, Cham, pp 366–368. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9\\_67](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_67)
- Berto R, Barbiero G, Barbiero P, Senes G (2018) An individual's connection to nature can affect perceived restorativeness of natural environments. Some observations about biophilia. *Behav Sci* 8(3):34. <https://doi.org/10.3390/bs8030034>
- Pedersen Zari M (2010) Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. *Arch Sci Rev* 53(2):172–183. <https://doi.org/10.3763/asre.2008.0065>
- Hawken P, Lovins A, Lovins HL (1999) *Natural capitalism: creating the next industrial revolution*. Earthscan, London
- Johnson ER (2010) Reinventing biological life, reinventing 'the human'. *Ephemera* 10(2):177–193
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry Innovation Inspired by Nature*. Harper Perennial, New York.
- 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.
- Tokman, L. (2012). *Mimarlık Uzerine Bir Bilimsel Arastırma: Tasarım, Yontem, Uygulama*. Elif Yayınevi Yayınları, Ankara
- URL-1, (2015). <http://mydesiredhome.com/floral-sofa-by-russian-designer-albina-basharova/>
- URL-2, (2015). <http://www.arthitectural.com/alvaro-uribe-mantis-table/>
- URL-3, (2015). <http://www.dezeen.com/2014/08/05/biomimicry-3d-printed-soft-seat-chair-by-lilian-van-daal/>
- URL-4, (2015). <http://www.jorislaarman.com/bone-furniture.html>
- URL-5, (2015). <http://hiconsumption.com/2013/07/modular-quartz-armchair/>
- URL-6, (2015). <http://www.examiner.com/article/hanging-from-a-branch-designs-that-will-blow-your-mind>