

واکاوی راهکارهای طراحی معماری بیومیمتیک مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

کد مقاله: ۳۷۷۰۲

سمیه بیطرف^{۱*}، سجاد مظفریان^۲، محسن علیپور^۳

چکیده

آنگونه که می‌دانیم بحران انرژی یکی از مهمترین چالش‌های جهانی در دهه‌های اخیر است. از این رو صرفه‌جویی در مصرف انرژی به منظور توسعه اقتصادی و اجتماعی همواره مورد توجه معماران و طراحان است. در این راستا، معماری بیومیمتیک به عنوان یک نگرش برخواسته از طبیعت است که کمبود آن در طراحی‌های امروز به عنوان یک ساختار همساز با فضای زیستی محسوس است. از آنجا که بیشتر توجه و تاکید معماران در حوزه پایداری است، الگوهای ارزشی این نگرش خصوصا در حوزه انرژی کمتر مورد واکاوی قرار گرفته است. به طور کلی، معماری بیومیمتیک راهکاری مبتنی بر طبیعت است که به هدف کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌انجامد. از جمله این تکنولوژی‌ها می‌توان به استفاده از سیستم‌های خورشیدی، سیستم‌های تولید انرژی پاک بر مبنای آب و یا باد و یا سیستم‌های تعبیه بازشوهای هوشمند اشاره کرد. آنگونه که می‌دانیم این تکنولوژی‌ها با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پایدار، منجر به کاهش مصرف انرژی و همچنین کاهش آلودگی زیست محیطی می‌شوند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر واکاوی الگوهای طراحی معماری بیومیمتیک در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها است. روش تحقیق به لحاظ هدف، توسعه‌ای کاربردی و به لحاظ نحوه گردآوری داده‌ها، توصیفی تحلیلی است که با پیروی از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی نمونه‌های مطرح موجود در ساختار موجودات زنده و تاثیرات آن در معماری با تاکید بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با رویکرد بیومیمتیک در طراحی ساختمان‌ها، می‌توان به طور قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی و حفظ محیط زیست گام برداشت. بنابراین، استفاده از معماری بیومیمتیک به عنوان راهکاری مولد و پرسود در جهت پایداری اقتصادی و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: طراحی معماری بیومیمتیک، سازگاری با طبیعت، انرژی پایدار، کاهش مصرف انرژی.

۱- گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران (نویسنده مسئول)
ar.s.bitaraf@gmail.com

۲- گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران

۳- گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، پایداری یکی از مهم‌ترین مباحث مطرح شده در تمامی عرصه‌ها به ویژه در حوزه معماری است. به طور کلی پایداری به دنبال ایجاد تعادل در سه مولفه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است و در واقع به معنای حفظ و ارتقای کیفیت زندگی برای عموم مردم است. بنابراین پژوهشگران و متخصصان معماری نیز همواره به دنبال راهکارهای نوین برای کاهش مصرف انرژی و حفظ محیط زیست هستند. یکی از رویکردهای نسبتاً نوین در این زمینه، استفاده از الگوهای طراحی برگرفته از معماری بیومیمتیک است. در رویکرد پایداری، معماری به عنوان راهکاری تلقی می‌گردد که با بکارگیری اصول پایداری در نظام‌های طبیعت به محیط پایدار و حفظ طبیعت دست می‌یابد. در واقع در این رویکرد، رابطه علت و معلولی میان معماری به عنوان علت ایجاد محیط پایدار و حافظ محیط زیست و طبیعت است. نقطه مقابل این نگرش در رویکرد بیومیمتیک است که طبیعت علت ایجاد معماری مطلوب است به طوریکه با الگوبرداری از طبیعت در سه سطح ارگانیسم، رفتار و اکوسیستم و تأثیر بر حوزه‌های فرم، مصالح، ساختار، عملکرد و فرآیند می‌توان به معماری مطلوب دست یافت (عالمی و مجیدی، ۱۴۰۰). پس از فروکش کردن تب سبک‌هایی که در دهه‌های اخیر و در دوران بعد از مدرنیسم رواج یافته بودند، توجه به معماری انسان‌گرا به عنوان شروعی که باید پاسخگوی نیازهای انسان در بعدهای مختلف باشد، منجر به تبلور معماری از دل طبیعت و جلوه‌های پایداری آن گردید. در حقیقت این نگرش به ارتقاء کیفی و پایدارسازی اتفاقاتی است که در درون کالبد معماری جریان دارند. به این ترتیب مفاهیم دانش فن ساختمان و ایستایی، فرم و عملکرد که مدت‌ها مورد توجه بوده است باید به آنچه در داخل و خارج ساختمان می‌گذرد، با توجه به فعالیت‌ها و انتظارات تغییر کرده و به طور خلاصه برای ابعاد صحیح اجتماعی تعریف گردند (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۵). به کمک معماری بیومیمتیک، استراتژی‌های حیاتی موجود در طبیعت را در معماری انسانی به کار برده و ساختمان‌ها را با محیط زیست هماهنگ می‌کند. بنابراین هدف این پژوهش، بررسی روشها و راه‌حل‌های الگوبرداری از معماری بیومیمتیک برای کاهش مصرف انرژی و بهره‌وری آن است. لذا سوال تحقیق حول این موضوع شکل یافته است که نگرش‌ها و راه‌حل‌های ساختاری طراحی معماری بیومیمتیک چگونه منجر به حفظ و ارتقاء پایداری، کاهش مصرف انرژی و احترام به محیط زیست می‌گردد.

۲ پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر، معماری بیومیمتیک به عنوان یکی از راه‌های ایجاد ساختمان‌ها و محیط‌های پایدار شناخته شده است که از طریق تقلید عملکردی و فرم‌های زنده در طبیعت، به انسان‌ها امکان می‌دهد تا اکوسیستم‌هایی با کارایی بالا خلق کنند. از گذشته تا به امروز، رابطه انسان با طبیعت به مفهوم تقلید (میمسیس) توجه داشته است. می‌توان حرکات الهام گرفته از طبیعت و تولیدات را در مناطق مختلف مشاهده کرد. جنبش‌های الهام گرفته از طبیعت تا قرن بیستم نگرش مشابهی نسبت به پیگیری‌های ساختاری و سبکی ارائه کرده‌اند. دیدگاه ما نسبت به طبیعت با امکانات علوم زیستی، پیشرفت تکنولوژی و مسائل زیست محیطی تغییر کرده است. این گرایش‌های توسعه یافته سعی در سازش با مفاهیم بوم‌شناسی و پایداری دارند (Gertik & Karaman, 2023). به منظور درک چگونگی تأثیرپذیری از مدل‌های زیستی در معماری، به بررسی مطالعاتی در جهت بررسی مفاهیمی مانند کارایی استفاده از منابع، کاهش مصرف انرژی و انعطاف‌پذیری محیطی می‌پردازیم.

ضابطیان و همکاران (۱۴۰۱) ارزیابی پایداری زیست الهام در معماری بیومیمتیک را با توجه به چالش‌های عظیم تأثیرات ناشی از رشد اقتصادی در سطح جهانی، توسعه هدفمند نوآوری پایدار و مسئولیت اجتماعی اجتناب ناپذیری می‌شمارد (ضابطیان و همکاران، ۱۴۰۱). بهزاد پور و همکاران (۱۴۰۱) معماری بیومیمتیک را الگویی متأثر از طبیعت با قابلیت بالا در حل بسیاری از معماهای بشری تعریف کرده که با روند رو به رشد بهره‌برداری از مواهب طبیعی به این نتیجه رسیده است که برای ادامه‌ی حیات به حفظ و نزدیک شدن به آن نیاز دارد. مهبیاری و همکاران (۱۴۰۱) الگویی برای طراحی یک پوسته تطبیق‌پذیر هوشمند با رویکرد بیومیمتیک جهت کاهش مصرف انرژی ارائه نموده‌اند که در آن تأثیر پوسته خارجی بر فضای شبیه‌سازی مشخص شده و نشان می‌دهد که این پوسته‌ها بار حرارتی کل را ۲۸٪، بار سرمایش را ۵۶٪ و احتمال خیرگی نور روز را ۲۳٪ کاهش می‌دهد. با الگوبرداری رفتاری از گیاهان، بدلیل ماهیت ایستا و تطبیق‌پذیری با محیط پیرامون می‌توان به مکانیسمی در ساختمان مانند پوسته‌ای پاسخگو به محیط رسید (مهبیاری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین طیح و همکاران (۱۴۰۰) در تبیین مدل خلاق طراحی معماری برای نوآموزان مبتنی بر یادگیری، طبیعت را بستر مناسبی برای غنای بصری نوآموزان در جهت ایده‌یابی طراحی می‌دانند و بهره‌گیری از عملگرهای بصری را به عنوان یک راهبرد شناختی بازیابی‌های بصری زمان نهفتگی ذهن در مرحله خلق ایده موثر می‌دانند که به تنوع طرح‌هایی منجر خواهد شد (طیح و همکاران، ۱۴۰۰). مازولنی^۱ (۲۰۱۳) در بررسی فضاهای خلاق با استفاده از رویکرد بیومیمتیک؛ بهره‌گیری از این رویکرد را منجر به خلق فضاهای متنوع و دلپذیر بصری می‌داند که تنش را کاهش داده و به طور کلی هدف بهره‌گیری از بیومیمتیک در رشته‌های مختلف، الهام گرفتن از طبیعت به منظور پاسخگویی به سوالات فنی و

1 Mazzoleni.

تکنیکی عنوان می‌کند (مازولنی^۱، ۲۰۱۳). جنی بنیوس^۲ (۱۹۹۷) در پژوهشی، بیومیمکری را نوآوری برگرفته از طبیعت دانسته که به مطالعه طبیعت پرداخته و هدف آن یافتن راهکار برای حل مشکلات بشر با اقتباس از این طرح و فرآیندها ست (جنی بنیوس، ۲۰۱۳). کورا و همکاران^۳ (۲۰۱۹) دانش بیومیمتیک را الگوبرداری از طبیعت و یا مهندسی الهام گرفته از طبیعت دانسته که در کل می‌توان دسته بندی این رویکرد را با بیونیک به عنوان سرشاخه، بیومیمتیک به عنوان مفاهیم ملهم از طبیعت، بیومورفیسیم با استفاده از اشکال بیولوژیکی، بیوفیلی در قالب پذیرش طبیعت به عنوان بخشی از یک طرح، الهام‌گیری بیونیک به عنوان دربرگیرنده تمام مفاهیم زیست‌محور و بیومیمکری که الهام از زندگی است، هم راستا دانست. بررسی ساختاری ادبیات موضوع نشان می‌دهد که پارادایم‌های مرتبطی مانند بیومیمتیک، پایداری و الگوبرداری از طبیعت وجود دارد که بر ظرفیت یک سیستم برای حرکت به سمت مسیرهای توسعه مطلوب تأکید می‌کند. ادغام انعطاف‌پذیر، اکولوژیکی و پایدار با طبیعت اساساً در مورد محافظت از سلامت و رفاه اجتماعی در چارچوب یک چارچوب گسترده‌تر از تغییرات محیطی است. لذا پژوهش حاضر در راستای پژوهش‌های انجام شده به تحلیل و واکاوی نگرش‌های اقلیمی موثر در این زمینه الگوهای طراحی معماری بیومیمتیک با رویکرد صرفه جویی در مصرف انرژی می‌پردازد.

۳- روش تحقیق

روش تحقیق به لحاظ هدف؛ توسعه ای کاربردی و به لحاظ نحوه جمع آوری داده ها توصیفی تحلیلی (گروت و وانگ، ۱۳۸۵) است که به کمک مطالعات کتابخانه ای (بررسی کتب، مقالات و اسناد مرتبط) از دیدگاه اندیشمندان انجام گرفته است و سپس به روش پیمایشی به تحلیل و بررسی نمونه های موردی طراحی معماری بیومیمتیک و ارائه راهکارهای طراحی معماری بیومیمتیک مبتنی بر صرفه جویی در مصرف انرژی پرداخته شده است.

۴- چارچوب نظری تحقیق

۴-۱- معماری بیومیمتیک

معماری بیومیمتیک که با نام بیومیمیک یا طراحی الهام گرفته از بیولوژیک نیز شناخته می‌شود، یک رویکرد معماری است که از فرم‌ها، فرآیندها و سیستم‌های طبیعی برای ایجاد محیط‌های ساخته شده نوآورانه و پایدار الهام می‌گیرد. این شامل مطالعه و الگوبرداری از استراتژی‌ها، الگوها و اصول طبیعت و به‌کارگیری آن‌ها در طراحی ساختمان‌ها و فضاهای شهری کارآمد، انعطاف‌پذیر و هماهنگ با جهان طبیعی است. معماری بیومیمتیک با نگاه احترام‌آمیز به طبیعت و مظاهر آن سعی دارد تا از قواعد و فرم‌های طبیعی که طی هزاران سال شکل گرفته و به صورت پایدار تولید می‌شود برای ایجاد محیط‌های کالبدی استفاده کند. این دیدگاه خود به بخش‌های تخصصی در کارهای علمی قابل تفکیک است. در الگوبرداری از طبیعت می‌توان از فرم، ساختار، ترکیبات، مصالح، مکان‌یابی و نحوه جانمایی پدیده‌های طبیعی استفاده نمود (قربانی، ۱۳۹۸). علاوه بر این، می‌توان دریافت که طبیعت، فرآیند و شکل‌گیری همیشه با تکامل تو در تو هستند. مفهوم بیومیمتیک را می‌توان ناشی از بررسی دینامیک در طبیعت برخلاف علوم واگرا در زمان حاضر دانست (Jiang, 2016). بنابراین معماری بیومیمتیک به دنبال ترکیب آخرین پیشرفت‌ها در فناوری و مواد با بینش‌های بیولوژیکی است که با هدف ایجاد ساختمان‌هایی که مانند موجودات زنده عمل می‌کند، قدرت خود تنظیمی داشته و با محیط‌های متغیر سازگار می‌شوند، رفاه انسان را افزایش می‌دهند و در عین حال تأثیرات مخرب محیطی آن‌ها را به حداقل می‌رسانند؛ ایجاد می‌شود (Leach, 2014).

۴-۲- طبیعت و معماری بیومیمتیک

در این نگرش، طبیعت به عنوان منبع الهام در معماری مورد توجه است و از روش‌ها، ساز و کار و رفتارهای موجودات زنده الگوبرداری می‌شود. هدف رویکرد بیومیمتیک کپی کردن نیست، بلکه به دنبال ایده‌های برگرفته از طبیعت است که بتواند الگوهای موجود را بهبود بخشد (Yowell & Oklahoma, 2011). معماری بیومیمتیک با نگاه احترام‌آمیز طبیعت و مظاهر آن سعی دارد تا از قواعد و فرم‌های طبیعی که طی هزاران سال شکل گرفته و به صورت پایدار تولید می‌شود برای ایجاد محیط‌های کالبدی استفاده کند. این دیدگاه خود به بخش‌های تخصصی قابل تفکیک است.

الف- **اقتباس از شکل‌ها و ساختارها:** در طبیعت ساختارهای بهینه‌ای وجود دارد که از نظر مکانیکی و انرژی موثر عمل می‌کنند. به عنوان مثال، کندوی زنبور عسل که با استفاده از حداقل مواد، بیشترین مقاومت را داراست (Benyus, 2002).

1 Massolini.
2 Jenny Benius.
3 Kuru et al.

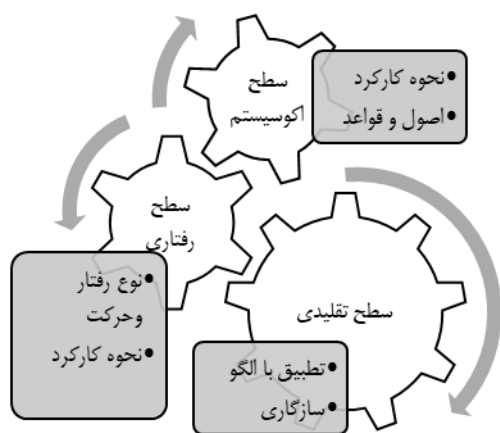
ب- **ترغیب به تنوع و تطابق پذیری:** طبیعت مداوماً در حال تطابق با شرایط متغیر است. این اصل در معماری به این معنی است که بناها باید قابلیت سازگاری با محیط‌های مختلف را داشته باشند تا کمترین اثر مخرب را بر روی محیط اطراف خود بگذارند (French, 2005).

پ- **استفاده موثر از منابع:** طراحی بر اساس بیومیمتیک به دنبال کاربرد کمترین میزان منابع برای حداکثر بهره‌وری است، مشابه با تکنیک‌هایی که موجودات زنده برای صرفه‌جویی در انرژی بکار می‌برند (Vogel, 2000).

ج- **کارکرد هوشمندانه:** مطالعه فرآیندهای زیستی و استخراج اصول هوشمند برای استفاده در طراحی که نه تنها بهینه‌سازی انرژی بلکه بهبود کیفیت استفاده از فضا را نیز به دنبال دارد (Knippers & Speck, 2012). برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها و محدود کردن تأثیر آن‌ها بر محیط‌زیست، در سال‌های اخیر توجه بیشتری به فناوری‌های پوشش‌های تطبیقی ساختمان شده است. با ترکیب عملکرد دوگانه حسگرها و محرک‌ها، مواد هوشمند به عنوان متحدان عالی فناوری‌های تطبیقی پیکربندی شده‌اند. پاسخگویی آنها تعامل پویا بین ساختمان و محیط را از طریق پوشش ساختمان که به عنوان یک رابط زنده، شبیه به پوست موجودات طبیعی پیکربندی شده است، تسهیل می‌کند.

۳-۴- مراتب بیومیمتیک؛ بیومیمیکری

سطح اول بیومیمیک: 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. از جمله خطرات الگوبرداری، تقلید کورکورانه و در نظر نگرفتن شرایط جدید پروژه است. در واقع تطبیق الگو با شرایط جدید است که آن را امری خلاقانه می‌سازد. در شرایطی که از یک الگو که در زمینه خود پاسخ مناسبی داده در مسئله‌ای دیگری استفاده گردد می‌بایست شرایط مسئله‌ی جدید را در آن شبیه‌سازی نمود. البته همیشه الگوها در خارج از مسئله یافت نمی‌شوند. بلکه از داخل مسائل نیز می‌توان الگوها را استخراج کرد و یا روند حل مسئله را با توجه به شرایط مسئله الگوسازی کرد. معمولاً پروسه الگویابی، با جستجو در پدیده‌ها و یافتن پاسخ برای حل مسائل موجود از میان آن صورت می‌گیرد. بنابراین می‌توان ابتدا نیاز را مطرح نمود و به دنبال پاسخگویی به نیازها از میان الگوها بود. یا با بررسی آزاد الگوها و الگویابی، نحوه پاسخگویی پدیده‌ها به مسائل را از آن استخراج نمود. قدم اولیه در تفکر الگویاب، شناخت اجزا و نحوه ارتباط درونی میان اجزا و ارتباط با محیط خارج است. به عبارتی هدف الگویابی استخراج و درک نظم حاکم در پدیده‌ها است که در نتیجه تعامل پدیده با محیط خارج به وجود آمده و در نهایت، یافتن پاسخ‌های مناسب به محیط است (کرمی، ۱۳۹۰).



نمودار ۱ سطوح و مراتب بیومیمیکری (ماخذ: نگارندگان)

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.

سطح سوم بیومیمیکری: سطح اکوسیستم؛ سطح سوم، اکوسیستم است که به تقلید از اکوسیستمی خاص و نحوه کارکرد موفق آن و عناصر و اصول مورد نیازش اشاره دارد.

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 (فرشی حقی و همکاران، ۱۴۰۰).

۴-۴- الگوبرداری از موجودات زنده

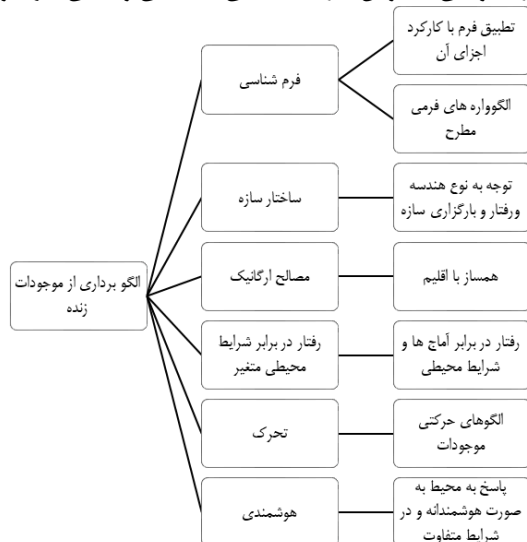
به طور کلی حوزه الگوبرداری از موجودات زنده در شش حوزه قابل تقسیم‌بندی و بررسی است.

الف- فرم شناسی: موجودات زنده، فرم‌های ظاهری متنوعی دارند و خلقت این موجودات دارای منطقی عمیق است. منحنی‌های حساب شده، مقاومت در برابر بارهای ناشی از سیال و موارد بسیار دیگر، همگی منبع الهام مناسبی برای طراحی فضاهای معماری هستند. یک نمونه در این مورد، برج سنجاقک اثر گروه معماری "وینسنت کاله بات" در نیویورک است که از فرم بال سنجاقک الگوبرداری شده است. (غمخوار، ۱۳۹۰)

ب- ساختار سازه ای: ساختار موجودات زنده، طوری طراحی شده است که در هنگام بارگذاری های مختلف و متنوع، تحمل و رفتار مناسبی دارند. ساختار بدن خرچنگ نمونه ای از این گونه است. همچنین، صدف دریایی نیز با درک سازه ارگانیزمها و مکانیزم فرم آنها، کنترل شکل و سازه در معماری بیونیک می تواند امکان پذیر باشد (Chiou and Chiu, 2009).

پ- مصالح ارگانیک: بدن موجودات زنده از متریال ارگانیک تشکیل شده است که ضمن همسازی با شرایط محیطی، شرایط مناسب زیستی را برای موجود زنده به ارمغان می آورد و این می تواند الهام مناسبی برای ساخت و تولید مصالح ساختمانی باشد. بدن عروس دریایی و همچنین فلس ماهی، نمونه هایی در این مورد می باشد. (غمخوار، ۱۳۹۰) از نمونه های استفاده از مصالح در سایر بخش ها می توان به مصالح مورد استفاده در جلیقه ضدگلوله که از سختی تار عنکبوت تبدیل یافته و همچنین پارچه ی بیونیک که از برگ لوتوس جهت دور گردن گرد و غبار از آن وقتی به دیوار آویزان است اشاره نمود (Chiou and Chiu, 2009).

ت- رفتار در برابر شرایط محیطی متغیر: رفتارهای مناسب در شرایط خطر همچون حمله دشمن یا شرایط نامساعد آب و هوایی در موجودات زنده، آموزنده و قابل الگوبرداری است. مثلاً خارپشت، در هنگام حمله دشمن، خارهای بدن خود را به سمت او پرتاب می کند. این عمل می تواند به انواع مختلف بر روی سازه ها و علی الخصوص سازه های امنیتی، اطلاعاتی و دفاعی اجرا شود.



نمودار ۱- الگوبرداری از موجودات زنده در معماری بومیمتیک (ماخذ: نگارندگان).

ث- تحرك: ویژگی بارز اغلب موجودات زنده، تحرك است. بنابراین برای ساخت سازه های متحرك، استفاده از الگوهای حرکتی موجودات، سرمشاء بسیار با ارزشی می باشد. ساختار بدن کرم خاکی، یکی از بهترین الگوها برای ساخت سازه های متحرك می باشد.

ج- هوشمندی: موارد بیان شده در موجودات زنده در قالب نوعی هوشمندسازی اتفاق می افتد. در واقع یک موجود زنده می داند کی و چرا و چگونه نسبت به تغییرات پاسخ دهد (غمخوار، ۱۳۹۰). روشهای مورد بررسی توجه توامان سطوح مختلف بیومتری را می طلبد که توجه غیر تکراری به فرم و سازه در کنار الگوهای همساز با اقلیم قابل حصول است که از اهداف پروژه حاضر نیز هست.

۴-۵- معماری بیومیمتیک و کاهش مصرف انرژی

الگوبرداری از معماری بیومیمتیک را می توان به عنوان یک راه حل موثر برای کاهش مصرف در ساختمان ها در نظر گرفت. با این روش، طراحان و معماران می توانند از طرح ها و ساختمان های طبیعی الهام بگیرند تا راهکارهای مناسبی برای بهبود عملکرد انرژی و کاهش مصرف ارائه دهند. بیومیمتیک به ما این امکان را می دهد تا از قابلیت ها و عملکردهای بیولوژیکی مانند تطابق طبیعی، تنفس و تنظیم دما استفاده کنیم. مثلاً ایده گرفتن از ساختار مورچه برای طراحی سیستم های انتقال و سیستم های هوشمند می تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند. برخی از روش های معماری بیومیمتیک شامل مصرف بهینه انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر و بهبود هوا تصفیه هستند. استفاده از نور خورشید، جریان هوای طبیعی و سیستم های تهویه سلولی نمونه هایی از راهکارهای معماری بیومیمتیک برای کاهش مصرف انرژی در ساختمانها هستند. الگوبرداری از معماری بیومیمتیک نه تنها به کاهش مصرف انرژی کمک می کند، بلکه نقش مهمی در ایجاد محیطهای سالم و پایدار دارد. استفاده از طرح های مبتنی بر بیومیمتیک، بهبود قابلیت های اکولوژیکی و سلامتی در ساختمانها قابل حصول است. طرح جامع دروازه تیمز که توسط پاتریک شوماخر و تیمش تهیه شده است، برای توسعه راههای جدید، برای حل مشکلات در طرح جامع منطقه ای در شرق لندن که توسط رودخانه تیمز به دو قسمت تقسیم شده انجام شده است. این میدان شهری با در نظر گرفتن توسعه شهری و معماری دیاکریتیک لندن طراحی شده است. شوماخر مفهوم خود را با در نظر گرفتن وقایع طبیعی، اثرات محیطی و عملکرد آنها به عنوان الگو توسعه می دهد. با استفاده از کنش ها، تشکلهای و تداوم طبیعت به عنوان پایه، درک سیستم ها چشم اندازی را به محدوده سیستمها با راه حل های فراکتالی می آورد. رشد و توسعه بیولوژیکی هندسه ای از تکرارهای متوالی / دوشاخه و / یا جدایی (فرکتال) را در نتیجه تکرار یکدیگر نشان می دهد، از اشکال هندسی که ظاهری پیچیده در یک نظم با تکرار رویدادهای طبیعی دارند. (shomakher, 2008).

الف - بیومیمتیک، خود تنظیم شوندگی و سازگاری: هدف معماری بیومیمتیک ایجاد محیط های ساخته شده ای است که مانند موجودات زنده عمل کنند. این بدان معناست که ساختمان ها می توانند خودتنظیم شوند، با شرایط متغیر سازگار شوند و رفاه ساکنان خود را افزایش دهند. معماران با جلب الهام از طبیعت، می توانند ساختارهایی را طراحی کنند که مناسب تر از محیط اطراف خود باشد. مصرف انرژی را کاهش داده و تأثیرات زیست محیطی آنها را به حداقل برسانند. پیشرفت در فناوری و مواد نقش مهمی در معماری بیومیمتیک ایفا می کند. معماران با هدف ایجاد ساختارهایی که نه تنها از طبیعت الهام می گیرند، بلکه از راه حل های برش برای دستیابی به پایداری و کارایی استفاده می کنند، آخرین نوآوری ها را در طرح های خود قرار می دهند. به طور کلی، معماری بیومیمتیک به دنبال ایجاد یک رابطه هماهنگ بین محیط های ساخته شده و جهان طبیعی است (مهیاری و همکاران، ۱۴۰۱). از این رو معماران با یادگیری و تقلید از استراتژی های طبیعت می توانند طرح های نوآورانه و پایدار ایجاد کنند که هم به نفع انسان و هم محیط زیست باشد.

ب- خنک کنندگی و آسایش اقلیمی: یکی از نگرش های معماری بیومیمتیک در کاهش مصرف انرژی، استفاده از سیستم های خنک کننده طبیعی است. برای مثال، در ساختمان هایی که طراحی بیومیمتیک دارند، از ایده هایی چون سیستم تنفس آبالو و یا سیستم سرمایش گلدان ها استفاده می شود. این سیستم ها با انتقال هوای تازه و خنک به داخل ساختمان، می توانند ساختمان را خنک نگه دارند و مصرف انرژی را به حداقل رسانند (Chiou and Chiu, 2009).

۵- فرآیندهای طراحی برگرفته از بیونیک

فرآیندهای طراحی برگرفته از بیونیک در معماری را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد. رویکرد اول با نگاه به چالش های طراحی به دنبال راهکارهای موجودات زنده است. این رویکرد را "طراحی با نگاه به بیولوژی" می نامند. روند کار اینگونه است که بعد از مطرح شدن چالش پیش رو می توان با جستجو میان الگوهای موجود در طبیعت شبیه ترین راهکارهای طبیعی را پیدا کرد و این راه حل ها را به حوزه مربوطه انتقال داد و آن ها را آزمایش کرد تا درستی انتخاب سنجیده شود. این رویکرد بیش تر در حوزه های مهندسی استفاده شده و از جمله مزایای آن کاربردی بودن و از معایب آن زمان بر بودن فرآیند است. رویکرد دوم که به "بیولوژی مؤثر در طراحی" معروف است، روند معکوس رویکرد اول بوده بطوری که ابتدا یک سیستم بیولوژیکی را تحلیل و ریخت شناسی آن را بررسی کرده، قوانین موجود در آن را کشف می کند و در انتها این قواعد را مهندسی می نماید (Hwang et al, 2015).

جدول ۱- سطح های تلفیق دانش بیومیمیکری و معماری (ماخذ: نگارندگان؛ با اقتباس از محمودی نژاد، ۱۳۹۶)

شاخص ها	مؤلفه ها	جنبه های هر سطح
ویژگی های ارگانسیم- ویژگی خود ارگانسیم	فرم و ساختار	تقلید فرمی از موجودات و ویژگی های فرمی شامل شکل، رنگ، رفتار حجمی
	شفافیت	رویت پذیری و کاهش جرم
	تعادل و مقاومت	تعادل در سیستم هایی که شامل ارگان، دستگاه گوارش، گردش خون، دستگاه تنفسی، اسکلتی، عضلانی، عصبی، دفع ادراری، حسی، سیستم های حرکتی. حالت تعادل که سیستم های داخلی را متعادل می کند
	کارکرد	زیست محیطی، ارگانسیم های طبیعت و موجودات
ارتباط جامعه- ارگانسیم	سازماندهی و رفتار محیطی	توجه به سلسله مراتب ها و رفتار مورفولوژی، آناتومی، الگوهای محیطی
	تعامل با موجودات	تکنیک های بقا، تعامل با سایر موجودات
	مشارکت گروهی	مدیریت و مشارکت گروه، مشارکت و کار گروهی، خودمحافظتی، احساس، پاسخ و تعامل، مدیریت ریسک
ارتباط محیط- ارگانسیم- چگونگی تناسب ارگانسیم در بیومتریک و محیط	انتقال دانش	انتقال دانش میان نسلی و آموزش، سلسله مراتب اعضای جامعه
	تناسبات	تناسبات بافت و هندسه درون و بیرون
	تطبیق پذیر	تطبیق با محیط و تغییرات محیطی و استتار حجمی با محیط و پاسخ دهنده
	خودمحافظت شوندگی و سازگاری	واکنش اقلیمی با خنک سازی، گرم کردن و راه حل های تهویه

شروع این رویکرد بیش تر در حوزه های زیست شناسی و جانورشناسی بوده و از جمله مزایای آن یافتن راهکارهای هر موجود زنده در مقابل چالش های خود بعد از تحقیق بر روی آن است. از معایب آن جنبه نظری و آزمایشگاهی بودن آن است (مهیاری و

همکاران، ۱۴۰۱). چارلز جنکز هنگامی که بحث مفاهیم معماری، پیش‌بینی‌ها و روش‌های معماری خود را در سال ۲۰۰۰ مطرح کرد، از نظر مهندسی بیولوژیک تحت تأثیر مفهوم "بیومورفیک" (زیست ریخت) در ۱۰ سال آخر قرن بیستم بود. زیست الگوسازی که می‌تواند به عنوان "یادگیری بهترین نظرات طبیعت با تقلید از آنها" ترجمه شود، به عنوان علمی جدید با استفاده از "راه حل های ممکن و پتانسیل راه حل در طبیعت" و درحقیقت رشته‌های مادی‌سازی با تعاملی که آنها را گردهم جمع می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. در جدول زیر سطوح اطلاعات در تلفیق دانش بیومیمیکری و معماری در سه سطح بررسی می‌گردد (فرشی حقی و همکاران، ۱۴۰۰).

۶- بررسی نمونه‌ها

۶-۱- مرکز هنری سنگاپور؛ تئاتر Esplanade

طراحان: معماران DP و با مشارکت مایکل ویلفورد^۱؛ ایده طراحی: تقلید دوربان (یک میوه) - بیرونی سخت
نمای ساختمان الهام گرفته از میوه دیوربان است. این یک مرکز هنرهای نمایشی با مساحت ۶۰۰۰ متر مربع در خلیج مارینا واقع شده است که شامل یک مرکز خرید، تئاتر، کتابخانه و سالن کنسرت است. این ساختار نما یک عنصر پاسخگو به محیط است که سایه اندازی نموده و با توجه به زاویه خورشید تنظیم می‌شود. سیستم واکنش‌گرا از سایه‌بان‌های آلومینیومی کوچک برای پوشش شیشه‌ای روی سالن استفاده می‌کند (شکل ۱). نمای سیستم آفتابگیر، نور طبیعی و سایه را در هنگام روشنایی شدید فراهم می‌کند.

شبکه ثانویه سایه بان خورشیدی با آفتابگیرهای تا شده پوشیده شده که به تدریج به شکل و جهت مناسب تغییر می‌کنند. شبکه پویا، همیشه در حال تغییر حاصل از نور خورشید و سایه‌ها، به این مکان هنرهای نمایشی در سطح جهانی، شخصیت سنگاپوری متمایزش را بخشیده است. سیستم سایه‌انداز خارجی نیز پاسخگو است، زیرا دریچه‌های مثلی در طول روز با زاویه و موقعیت خورشید تنظیم می‌شوند (شکل ۲).

نمای پاسخگو یک الگوی بیومیمتیک است. این الگو نمایشی از مفهوم پوسته‌های سیخ دار یا فیبری است که از میوه یا دانه های داخل محافظت می‌کند. برای مثال، نمای تئاتر شبیه پوست نیمه سفت گیاه دوربان است که برای محافظت از محتوای درونی آن با خار پوشانده شده است. نمای بیرونی ساختمان در طول روز تنظیم می‌شود تا نور خورشید بدون گرم کردن بیش از حد فضا وارد آن شود. تالار کنسرت خیره‌کننده اسپلاناد^۲ اثر راسل جانسون^۳، از شرکت مشاوران آرتک است. رویکرد پیشرفته جانسون به آکوستیک باعث شده تا سالن کنسرت آن یکی از بهترین آکوستیک‌ها را در میان سالن‌های کنسرت در سراسر جهان باشد (شکل ۲). در این پروژه مسیر خورشید به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داد که تقریباً الگوی پلانی دقیقاً شرقی-غربی (شکل ۳) است که می‌توان به کمک آن شکل و عمق پرده های آفتابگیر را تعیین کرد. تجزیه و تحلیل هندسه پیچیده آن از طریق مدلسازی کامپیوتری و سپرها برای تغییر شکل و جهت آنها بسته به زاویه‌ای که خورشید در طول روز به آنها برخورد می‌کند، انجام می‌شود.

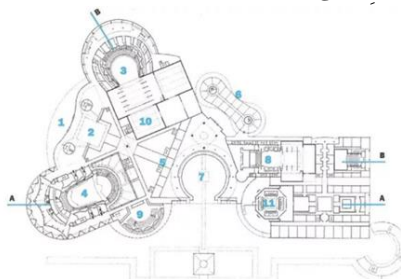


شکل ۱- مرکز هنری سنگاپور؛ اسپلاناد

(منبع: <https://www.technologydesigner.com>)



شکل ۲- سمت راست: نمای پارامتریک مثلی شکل بیومیمتیک و سمت چپ: فضای داخلی کنسرت در تئاتر اسپلاناد (منبع: <https://www.technologydesigner.com>)



شکل ۳- پلان مجموعه کنسرت اسپلاناد (منبع: <https://www.esplanade.com>).

1 Michael Wilford.

2 Esplanade.

3 Russell Johnson.

دسترسی پلانی به شکلی است که بعد از ورود به یک فیلتر اصلی جهت تقسیم رسیده و فضاهای تئاتر و اپرا و فضای گالری ها از اینجا شروع و تقسیم می شوند.

جدول ۱- تحلیل نمونه موردی مجموعه کنسرت اسپلاناد (ماخذ: نگارندگان)

نمونه	ایده	مولفه های کالبدی موثر معماری بیومیمتیک
تالار کنسرت مجموعه اسپلاناد	ایده طراحی و پلان خطی و محوری	فرم
		سازه
		مصالح
		هوشمندی
		شرایط محیطی
		نمای تئاتری با الهام از میوه دیوریان
		سازه های فضاکار و متحرک
		شیشه و فلز آلومینیوم در جهت هماهنگی با خورشید
		نمایک عنصر پاسخگو به محیط است که سایه اندازی می کند و با توجه به زاویه خورشید تنظیم می شود
		انطباق با جهات جغرافیایی خورشید و بعد سایه اندازی

۲-۶- مرکز نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند

طراح: فاستر^۱ و شرکا

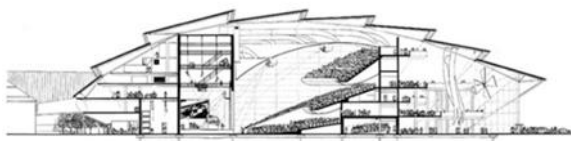
مرکز نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند از شکل نوارهای روی پوسته یک آرمادیلو تقلید می کند (شکل ۴). مرکز کنفرانس طوری طراحی شده که شبیه حیوان باشد. با این حال، بدیهی است که ساختمان قرار نیست مانند نوار آرمادیلو خم شود.



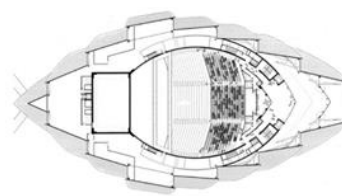
شکل ۴- مرکز نمایشگاه اسکاتلند تقلید از پوسته آرمادیلو (منبع: <https://www.picturesofscotland.co.uk>)

سالن های نمایشگاهی منفرد توسط یک آتریوم مرکزی و شیشه ای به هم متصل می شوند. به عنوان تئاتر صنعتی راه حل بر اساس روح سنت های کشتی سازی کلاید و سایت مراکز کنفرانس در بارانداز کوئینز گلاسکو است. این ماده از ورقه ای مسطح استفاده می کند و از آن برای پوشاندن یک سری بدنه های قاب بندی شده استفاده می کند که اطراف عناصر متفاوت از جمله برج پروازی سالن را می پیچد (شکل ۴ و ۵). این پوسته های روی هم پوشیده از آلومینیوم که در روز منعکس می شوند و در شب روشن می شوند، نمایه ای متمایز در خط افق ایجاد می کنند.

در فضای داخل این تئاتر صنعتی، نیاز به محیطی خنثی و سرویس دهی شده است که بتواند برای پذیرایی از رویدادهای مختلف تغییر کند. بر این اساس، سالن کنفرانس از نظر فنی پیشرفته است. با بال ها و امکانات کامل پشت صحنه؛ اما به اندازه های انعطاف پذیر است که به کامیون های بزرگ اجازه دهد مستقیماً روی صحنه حرکت کنند (شکل ۶).



شکل ۵- مرکز نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند (بندر اسکاتلند) (منبع: <https://www.picturesofscotland.co.uk>)



شکل ۶- مرکز نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند (بندر اسکاتلند) (منبع: <https://www.picturesofscotland.co.uk>)

سالن اصلی دارای سیستم های الکترونیکی، ترجمه همزمان، سیستم های پروجکشن و غرفه های کنترل صدا است. بازدیدکنندگان از سمت شرق به این مجموعه وارد می شوند و در زیر سایبانی قرار می گیرند که از سقف قوسی تشکیل شده است. از قسمت ثبت نام، آنها می توانند وارد یک اتاق کنفرانس ۳۰۰ نفری شوند یا به سرسرای طبقه اول بروند، که به سالن و شبکه مرتبط با فضاهای نمایشگاهی و نمایشگاهی متصل می شود. این ساختمان با احاطه کردن همه این عناصر، فرم نمادینی را ارائه می دهد که تمرکز را به مکان خود آورده و شهر را به نمایش می گذارد.

جدول ۲-نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند (ماخذ:نگارندگان)

نمونه	ایده	مؤلفه های کالبدی مؤثر معماری بیومیمتیک
نمایشگاه و کنفرانس اسکاتلند	برگرفته از پوسته آرمادیلو و طراحی پلان خطی و محوری	فرم
		سازه
		مصالح
		هوشمندی
		شرایط محیطی
		نمای مجموعه برگرفته از پوسته آرمادیلو
		سازه های پوسته ای دندانهای
		بتن - یک آتریوم مرکزی و شیشه ای
		سیستم های الکترونیکی، ترجمه همزمان، سیستم های پروجکشن و غرفه های کنترل صدا
		انطباق با جهات جغرافیایی و پوسته های روی هم پوشیده از آلومینیوم - که در روز منعکس می شوند و در شب روشن می شوند

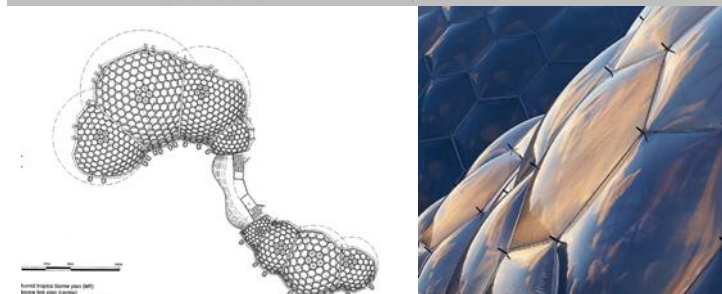
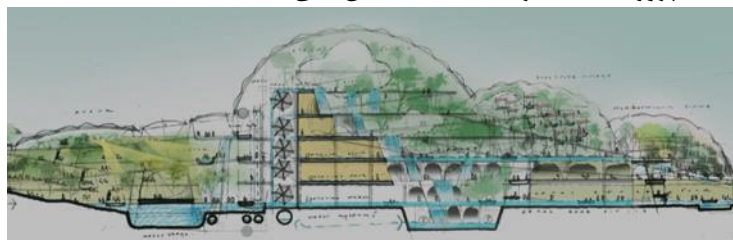
۳-۶- خانه سبز (گلخانه) انگلستان

طراح: شرکت معماران گریمشاو^۱

پروژه ایدن^۲ واقع در انگلستان بزرگترین پروژه گلخانه ای جهان است. تمرکز طراحی بر جنبه های پایداری و کارایی مدول گنبد دهانه عظیم بر اساس مفهوم حباب های صابون است. فرم های شش ضلعی و چند ضلعی از ETFE (اتیل تترافلوئورواتیلن) و ماژول های فولادی ساخته شده اند. ماژول های کارآمد و بادوام از مطالعه مولکول های کربن، دانه های گرد و رادیولاریا به دست آمده اند. لوله فولادی با اتصالات متشکل از اشکال هندسی کارآمد، سبک وزن، پایدار و آسان برای رسیدگی به ماژول ها است.



شکل ۷-پروژه: خانه سبز (گلخانه) انگلستان (منبع: <https://www.archdaily.com>)



شکل ۸-پروژه: خانه سبز (گلخانه) انگلستان (منبع: <https://www.archdaily.com>).

1 Grimshaw.
2 Eden.

این پروژه از مواد پایدار، کارآمد و همساز با محیط زیست استفاده می‌کند (شکل ۷). این طرح که در کورنوال واقع شده است شامل دنباله ای از هشت گنبد ژئودزیکی به هم پیوسته است که ۲,۲ هکتار را پوشش می‌دهد و مناطق مرطوب گرمسیری و معتدل گرم را در بر می‌گیرد.

سازه‌های سبک وزن تا حدی از طرح های ژئودزیکی باکمینستر فولر الهام گرفته شده اند (شکل ۸). پانل‌های روکش بایوم بالش‌های سه لایه از فویل ایتفه^۱ با حداکثر سطح و حداقل جزئیات محیطی هستند. گریمشاوا^۲ توضیح می‌دهد که طراحی بیوم ها تمرینی در کارایی فضا و مواد است. از نظر ساختاری، هر گنبد یک قاب فضایی هگزامی سه شش گوش است که به دو لایه، متکی است. کارایی قاب به اجزای اشکال هندسی بستگی دارد: لوله ها و اتصالات فولادی سبک، نسبتا کوچک و به راحتی قابل حمل و نقل.

جدول ۳- خانه سبز (گلخانه) انگلستان (ماخذ: نگارندگان)

نمونه	ایده	مولفه های کالبدی موثر معماری بیومیمتیک		
خانه سبز (گلخانه) انگلستان	حباب های صابون	گرمخانه	فرم	حباب های صابون پیوسته
			سازه	طرح های ژئودزیکی باکمینستر فولر
			مصالح	شیشه و فلز - ماژول های کارآمد و بادوام از مولکول های کربن، دانه های گرد و رادیولاریا
			هوشمندی	در طول روز، حباب های آب به عنوان یک مولد شفاف هوایی می درخشد
			شرایط محیطی	انطباق با اقلیم - بایوم بالش های سه لایه از فویل ETFE با حداکثر سطح هستند که جلوه های گلخانه ای گرمایی درون را تامین می کنند

نمونه‌ها نشان می‌دهند که با توجه به نکات مهمی که در مبانی نظری بررسی شد به همراه استفاده از الگوها و سیستم‌های بیومیمتیک، (با پیروی از پوسته ها و سیستم های ساختاری موجودات زنده در بحث تقلید با نگاه زیستی موجودات) می‌توان به طراحی همساز با اقلیم و کاهش مصرف انرژی دست یافت.

۷- یافته های تحقیق

آنچه از مبانی نظری و بررسی نمونه های موردی برداشت می شود این است که معماری بیومیمتیک در واقع یک الگوبرداری قاعده‌مند از ارگانیسم‌های موجود زنده در طبیعت است که زمینه‌های کاهش مصرف انرژی را بواسطه الگوریتم های هندسی و داده های ژنتیکی موجود در ساختار جانداران و محیط زیست فراهم می‌کند. در واقع در نقش آسایشی در کنار جنبه‌های زیبایی‌شناسانه با پرداختن به جنبه‌های ساختاری موجودات و علائم و ساختارهای طبیعی نهفته در آنها زمینه‌های کیفیت محیطی را بالا می‌برد. این نگرش با الهام از مکانیزم‌ها و استراتژی‌های بقاء و کارآمدی موجودات زنده در طبیعت، به دنبال رسیدن به معماری پایدار و کاهش مصرف انرژی است. استفاده از الگوبرداری بیومیمتیک در طراحی و اجرای ساختمان‌ها دارای مزایای فراوانی است. یکی از مزایای اصلی آن، بهبود عملکرد انرژی و کاهش مصرف است. با الهام گرفتن از ساختارها و سیستم‌های طبیعی، می‌توان راهکارهایی نوآورانه برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها ارائه داد. همچنین استفاده از الگوبرداری بیومیمتیک می‌تواند به بهبود کیفیت هوا، تصفیه آن و کاهش تاثیرات منفی بر محیط زیست کمک کند. با استفاده از فناوری‌ها و سیستم‌هایی مبتنی بر بیومیمتیک، می‌توان ساختمان‌هایی طراحی کرد که بهبود قابلیت‌های اکولوژیکی آنها را به ارمغان می‌آورد. استفاده از الگوبرداری بیومیمتیک همچنین دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ از جمله هزینه بالای طراحی و اجرای ساختمان‌ها. با توجه به نیاز به تحقیقات برای یافتن الگوها و سیستم‌های هوشمند، هزینه طراحی و اجرای ساختمان‌های بیومیمتیک پیچیده و زمان‌بر است. با وجود محدودیت‌ها، استفاده از الگوبرداری بیومیمتیک در طراحی و اجرای ساختمان‌ها به عنوان یک رویکرد نوآورانه و پایدار، بهبود عملکرد انرژی و کاهش مصرف را امکان‌پذیر می‌سازد. در ادامه مولفه‌ها و معیارهای مهم معماری بیومیمتیک در جهت کاهش مصرف انرژی بیان شده‌اند.

جدول ۴- مولفه‌ها و معیارهای مهم معماری بیومیمتیک در به کاهش مصرف انرژی

شاخص ها	راهکارهای طراحی موثر در کاهش مصرف انرژی
بهره‌گیری از اشکال و ساختارهای طبیعی	تقلید از شکل برگ‌ها، شاخ و برگ درختان، کرکره‌های پوست حیوانات یا کندوهای زنبور عسل به منظور بهینه‌سازی جریان هوا، به حداکثر رساندن نور طبیعی یا کاهش بار حرارتی
تبادلات انرژی موثر	استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده طبیعی مانند تهویه مطبوع غیر فعال یا استفاده از جریان‌های حرارتی محیطی به منظور کاهش نیاز به سیستم‌های مکانیکی برای تهویه و سرمایش

1 ETFE.

2 Grimshaw.

استفاده از مواد و بافت‌های طبیعی	بکارگیری موادی که دارای خاصیت عایق‌بندی طبیعی هستند یا کپی‌برداری از بافت‌هایی مانند پوست حیوانات که قابلیت تنظیم در برابر محیط را دارند، به منظور کاهش نیاز به انرژی برای حفظ دمای مطلوب داخلی.
انعطاف‌پذیری و واکنش‌پذیری	طراحی ساختمان‌ها و فضاهایی که قادر به تغییر و تطابق با شرایط اقلیمی مختلف هستند، مانند پوسته‌هایی که می‌توانند در پاسخ به شرایط محیطی باز و بسته شوند.
بهینه‌سازی مصرف نور و انرژی	طراحی نورپردازی طبیعی که به گونه‌ای است که از حداکثر نور روز استفاده می‌کند و کاهش نیاز به نور مصنوعی در طول روز را به همراه دارد. به ترشح کمتر انتشارات گازهای گلخانه‌ای و تامین انرژی پایدار و قابل تجدیدپذیر
راه‌حل‌های زیست تخریب‌پذیر	استفاده از مصالح و راه‌حل‌هایی که پس از پایان عمر مفید خود به راحتی در طبیعت تجزیه می‌شوند و اثرات زیست‌محیطی کمتری دارند.
آب‌وهوا و اکوسیستم محلی	توجه به خصوصیات اقلیمی و زیست‌بومی منطقه در طراحی، به گونه‌ای که از منابع طبیعی بومی به نحو احسن استفاده شده و همچنین کمک به حفظ تنوع زیستی می‌کند.

۸- نتیجه گیری

آنگونه که گفته شد معماری بیومیمتیک رویکردی نوین در طراحی ساختمان هاست که با الگوبرداری از طبیعت به کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و بهینه سازی آنها به منظور حفاظت و احترام به محیط زیست کمک کند. این رویکرد بر مبنای مشاهده، تحلیل و شناخت برخی پدیده‌ها و استفاده از الهام بخشی از طبیعت برای طراحی ساختمان‌ها استوار است. در این مقاله، به بررسی نگرش‌های مطرح در معماری بیومیمتیک در جهت کاهش مصرف انرژی پرداخته شد. یکی از نگرش‌های مطرح در معماری بیومیمتیک با نگاه صرفه جویی در مصرف انرژی بهره‌گیری از پروسه‌های بیولوژیکی در ساختمان‌ها است. به عنوان مثال، در طبیعت، درختان با استفاده از فرایند تبخیر و تعرق، انرژی آب را از ریشه‌ها به سطح بالایی از برگ‌ها منتقل می‌کنند. بر اساس این الگو ساختمان‌ها در قالب سیستمی در نظر گرفته می‌شوند که بتوان برای کاهش مصرف انرژی در تهویه مطبوع از آن استفاده کرد. این سیستم از کوچکترین تغییرات دمایی و رطوبتی در محیط خارجی استفاده کرده و به این ترتیب، از مصرف انرژی کمتری نسبت به سیستم‌های معمول تهویه مطبوع برخوردار است. نتیجه اینکه؛ طبیعت به بهره‌برداری از منابع انرژی نور خورشید، باد و آب برای رشد و بقایش نیاز دارد. در معماری بیومیمتیک، می‌توان از همین منابع انرژی استفاده کرد تا مصرف انرژی در ساختمان‌ها به حداقل برسد. برای مثال، با طراحی نماهای ساختمان‌ها به گونه‌ای که از نور خورشید بهره‌برداری بیشتری صورت گیرد، می‌توان از انرژی نور خورشید برای روشنایی طبیعی ساختمان استفاده کرد و بدین ترتیب، از مصرف انرژی برق کاهش قابل توجهی داشت. همچنین، نگرش‌های مطرح در معماری بیومیمتیک به استفاده بهینه از سیستم‌های هوشمند در ساختمان‌ها نیز توجه دارند که در آنها در طبیعت، بسیاری از ساز و کارهای زیستی بر اساس یکپارچگی و هماهنگی بین گوشه‌ها و بخش‌های مختلف سیستم بینایی، گوش دادن و حس کردن جانداران انجام می‌شوند. این اصل بهینه سازی در ساختمان‌ها قابل بهره‌برداری است و با ایجاد سیستم‌های هوشمند، می‌توان به بهبود کارایی ساختمان‌ها و کاهش مصرف انرژی آنها کمک کرد. در نتیجه، به نظر می‌رسد که از دیدگاه معماری بیومیمتیک، کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از الگوبرداری از طبیعت و بهره‌گیری از فرایندهای بیولوژیکی در ساختمان‌ها میسر است. با توجه به نشانه‌های مطرح شده، در واقع معماری بیومیمتیک راه حل‌هایی موثر و پایدار برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها ارائه می‌دهد که در بهبودی عمده در عملکرد و بهره‌وری ساختمان‌ها موثر است.

منابع

۱. بهزادپور، محمد و الفتی، نرگس و امامعلی، مهدی (۱۴۰۱)، بررسی معماری بیومیمتیک، دومین کنفرانس بین المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز.
۲. ژراردن، لوسین (۱۳۷۹)، بیونیک: تکنولوژی از جانداران الهام می‌گیرد، ترجمه محمد بهزاد و پرویز قوامی، تهران: سروش.
۳. ضابطیان، الهام، خان سفید، مهدی، و احدیان، امید. (۱۴۰۱)، تدوین چارچوب مفهومی ارزیابی پایداری زیست الهام در معماری بیومیمتیک با سیستم DGNB. بوطیقای معماری، ۲(۵)، ۷۷-۹۵.
۴. طیح، ساوین، مهدزاده سراج، فاطمه، و محمودی زرنندی، مهناز. (۱۴۰۰)، تبیین مدل خلاق طراحی معماری برای نوآموزان مبتنی بر یادگیری از طبیعت. باغ نظر، ۱۸(۱۰۰)، ۹۱-۱۰۸.
۵. عالمی، بابک و مجیدی، مرتضی (۱۴۰۰)، جایگاه طبیعت در دو رویکرد معماری پایدار و معماری بیونیک. دوفصلنامه اندیش نامه معماری، سال ۱، شماره ۲، پاییز و زمستان.

۶. فرش حقی، زهره، محمودی نژاد، هادی، ناصری، غلامحسین و داداشی، مهدی (۱۴۰۰)، ارزیابی کاربست دانش بیومیمیکری در آموزش طراحی معماری با روش قیاس از طبیعت، معماری و شهرسازی پایدار، سال ۹، شماره ۲.
۷. قربانی، آناهیتا؛ یعقوبی روشن، میر حسن و حامد نسیمی، فریبا (۱۳۹۸). طراحی ساختاری و فضایی مرکز ارتباطات اجتماعی با رویکرد با یونیک. معماری شناسی نشریه اختصاصی معماری و شهرسازی ایران، سال ۲، شماره ۱۲، پاییز.
۸. کرمی، سروش (۱۳۹۰)، بازتعریف مفاهیم معماری بیونیک، رویکردی نوین در زمینه معماری پایدار، دومین همایش ملی معماری پایدار.
۹. گروت، لیندا و وانگ، دیوید (۱۳۸۵)، روش های تحقیق در معماری، مترجم: علیرضا عینی‌فر، ناشر: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. گل، یان (۱۳۸۷)، زندگی در فضای میان ساختمانها، ترجمه شیمیا شصتی، تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.
۱۱. محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۶)، معماری زیست مبنای، تهران: انتشارات طحان.
۱۲. مفیدی شمیرانی، سید مجید، کامران کسمایی، حدیثه و مفیدی، محمدرضا (۱۳۹۵)، مسکن اجتماعی: تبلور هویت، فرهنگ، پایداری، تهران: انتشارات علم معمار.
۱۳. مهباری، حسین، زرکش، افسانه و مهدوی نژاد، محمد جواد (۱۴۰۱)، ارائه یک پوسته تطبیق پذیر هوشمند با رویکرد بیومیمتیک جهت کاهش مصرف انرژی، هویت شهر، شماره ۵۲، سال ۱۶، ۳۸-۲۳.
14. Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Publisher: Harper Perennial. Publication date. September 17, 2002.
15. Chiu, W., Chiou, S.H. (2009). Discussion on Theories of Bionic Design.
16. French, R. L. (2005). *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*. CRC Press.
17. Gertik, A.; Karaman, A. The Fractal Approach in the Biomimetic Urban Design: Le Corbusier and Patrick Schumacher. *Sustainability* 2023, 15, 7682. <https://doi.org/10.3390/su15097682>.
18. Knippers, J., & Speck, T. (2012). Design and construction principles in nature and architecture. *Bioinspiration & Biomimetics*, 7(1), 015002.
19. Kuru, A., Oldfield, Ph, Bonser, S., Fiorito, F. (2019). Biomimetic adaptive building skins, *Energy and building*, 5-26.
20. Jiang, B. The Fractal Nature of Maps and Mapping; SE-801 76; Department of Technology and Built Environment, Division of Geomatics University of Gävle: Gävle, Sweden, 2014.
21. Leach, N. Parametrics Explained. In *Next Generation Building*; Blatzer Science Publishers: Amsterdam, The Netherlands, 2014.
22. Mazzoleni, I. (2013). *Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles for Innovative Design*. In collaboration with Shauna Price. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.
23. Shomakher, P. Parametricism as Style- Parametricist Manifesto London, Presented and discussed at the Dark Side Club1. In *Proceedings of the 11th Architecture Biennale*, Venice, Italy, 14 September–23 November 2008.
24. Vogel, S. (2000). *Cat's Paws and Catapults: Mechanical Worlds of Nature and People*. W. W. Norton & Company.
25. Hwang, J., Jeong, Y., Park, J.M., Lee, k.h. (2015). Biomimetics: Forecasting the future of science, engineering and medicine. *Nanomedicine*, 5701-5713.
26. Yowell, John and N, Oklahoma (2011). *Biomimetic Building Skin: A Phenomenological Approach Using Tree Bark as Model*. Citeseer.