

بازخوانی اصول بهینه‌سازی فرم پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی (مطالعه موردی: روستای میمند)

سارا سادات تجاره*

مریی، گروه طراحی صنعتی، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

فرح حبیب

استاد، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حدیثه کامران کسمایی

استادیار، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۲۸

چکیده

زیست‌تقلیدی (بیومیمیکری) از رویکردهای نوین اواخر قرن بیستم است که مورد توجه بسیاری از معماران در حوزه پایداری قرار گرفته، طبق بررسی‌های انجام شده در این پژوهش مشخص شد که ایرانیان در اولین سکونتگاه‌های خود تا حدودی اصول این رویکرد را در آثار خود رعایت کرده‌اند و سکونتگاههایی با پایداری چند صد ساله ساخته‌اند که اهمیت رعایت این اصول در معماری امروز کمرنگ شده‌است. از آنجا که پوسته‌های ساختمانی از فراوانترین محصولات هر جامعه هستند طراحی آنها با این رویکرد می‌تواند در جهت پایداری موثر باشد. این پژوهش با هدف ارایه اصول زیست‌تقلیدی از نمونه‌های موجود و بررسی آن اصول در سکونتگاه‌های بومی، به منظور الگو برداری برای طراحی سکونتگاه‌ها با پایداری بیشتر تدوین شده‌است. روش پژوهش تحلیل عمیق و محتوای متن بوده و داده‌ها از مطالعات موجود و کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. پس از استخراج اصول از دیدگاه اندیشمندان و مقایسه آنها با هم، ۲۰ پوسته ساختمانی طراحی شده با رویکرد زیست‌تقلیدی مورد بررسی قرار گرفت و اصول مربوطه در آنها مشخص شد، سپس این اصول در پوسته‌های روستای میمند واقع در استان کرمان در ایران مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج پژوهش نشان دهنده سطح بالایی از درک و هماهنگی ایرانیان با طبیعت از صدها سال پیش است که متأسفانه امروزه این اصول به فراموشی سپرده شده‌است، در حالیکه توجه به همین اصول ساده در معماری امروز ایران می‌تواند گامی موثر در طراحی پوسته‌های ساختمانی کارآمد در زمینه مصرف بهینه انرژی و نهایتاً ساختمان‌های پایدار باشد.

واژگان کلیدی: میمند، پوسته‌های ساختمانی، رویکرد زیست‌تقلیدی، اصول بهینه‌سازی فرم پوسته

* نویسنده مسئول: Sarahtejareh@gmail.com

مقدمه

با توجه به بحران‌های محیط زیستی و از آنجا که شهرها امروزه به عنوان مهمترین عوامل موثر بر پایداری زیست محیطی به‌شمار می‌روند تقاضا برای توسعه پایدار شهری از مهمترین چالش‌های معماران در قرن بیست و یکم است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۲) و باید نگاه طراحان و معماران به سوی رویکردهایی باشد که بیشترین انطباق را با طبیعت دارند تا کمترین آسیب را به آن بزنند. در معماری رابرت و براندا واله^۱ می‌گویند: "یک ساختمان باید به گونه‌ای طراحی شود تا کمترین استفاده از منابع را داشته باشد و در پایان عمر و استفاده‌اش هم بتواند به منبعی برای معماران دیگر تبدیل شود." (مازولنی، ۱۳۹۱: ۱۲). در این راستا زیست‌تقلیدی به عنوان رویکردی که بیشترین انطباق را با اصول طبیعت دارد انتخاب و تعاریف اندیشمندان این حوزه مورد بررسی قرار گرفت تا اصول طراحی با رویکرد زیست‌تقلیدی استنتاج شود. سپس بیست نمونه از ساختمان‌ها و پوسته‌هایی که با رویکرد زیست‌تقلیدی طراحی شده بودند مورد بررسی قرار گرفت تا اصول مشترک موجود در طراحی آنها تدوین گردد، سپس از آنجا که مسئله اصلی در معماری معاصر ایران قطع ارتباط آن با معماری بومی و اقلیمی این سرزمین است (ادراکی، ۱۳۹۹: ۱۸۰) نهایتاً اصول به دست آمده از پژوهش در روستای میمند مورد بررسی قرار گرفت و اصول قابل اجرا در ایران تبیین گردید تا معماران آینده با توجه بیشتر به این اصول ساختمان‌هایی با پایداری بیشتر و در هماهنگی با محیط زیست طبیعی طراحی کنند.

سوال اصلی پژوهش این بوده که در طراحی با رویکرد زیست‌تقلیدی چه اصولی در بهینه‌سازی فرم پوسته‌های ساختمانی به لحاظ مصرف کمتر انرژی و آسیب کمتر به اکوسیستم قابل تدوین است؟ لذا فرضیه‌ای مطرح شد که به نظر می‌رسد در راستای تسهیل عملکردها و دستیابی به فرم بهینه، اصولی در طراحی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی در ایران قابل تدوین باشد.

جنبه نوآوری تحقیق پیش‌رو، تفسیر اصول زندگی به اصولی برای طراحی با رویکرد زیست‌تقلیدی در معماری است که ارایه این اصول در غالب ضوابط طراحی می‌تواند راهگشای دانشجویان و معماران ایرانی برای طراحی ساختمانهایی با پایداری بیشتر باشد.

مبانی نظری

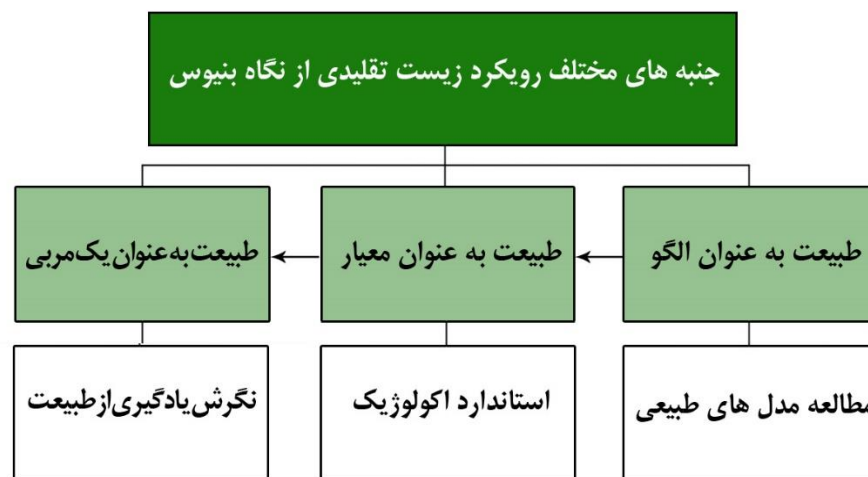
طبیعتی که انسان می‌شناسد با زمین شکل گرفته، لذا قبل از یادگیری اصول زندگی بر زمین، نیاز به دانستن شرایط عملکردی در زمین است، دکتر باومیستر این شرایط را در چهار مورد خلاصه کرده، اول وجود نور خورشید و آب و اهمیت آنها که شرایط اولیه و پایه حیات بر کره زمین هستند، دوم پویایی نامتعادلها (شرایط غیر قابل پیش‌بینی در زمین)، سوم محدودیت‌ها (در منابع) و چهارم وجود روندهای گردشی مثل تغییرات فصول (باومیستر، ۱۳۹۲: ۲۳).

¹ Robert & Brenda Vale

از نظر پترا گرابر برخی از ویژگیهای عمومی حیات عبارتند از نظم یا آنتروپی منفی، تکثیر، رشد و توسعه، مصرف انرژی، احساس کردن و واکنش نشان دادن، هموستازی، فرم‌های منفرد (همه موجودات با غشا از یکدیگر جدا شده و تشکل جداگانه‌ای دارند) و توسعه تکاملی که منجر به سازگاری بیشتر با محیط می‌شود (گرابر، ۱۳۹۴: ۲۹۰-۲۹۲).

زیست‌تقلیدی در سال ۱۹۸۹ توسط فراش و گالاپولوس^۱ معرفی شد و آنها آن را شبیه‌سازی اکوسیستم‌ها با خلق تعادل فی مابین طبیعت و بشر تعریف کردند (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۱)، جنین بنیوس در سال ۱۹۹۷ زیست‌تقلیدی را علمی جدید تعریف می‌کند که الگوهای طبیعت را مورد مطالعه قرار می‌دهد و سپس از این طرح‌ها و فرایندها برای حل مشکلات انسانی تقلید کرده یا الهام می‌گیرد (باومیستر، ۱۳۹۲: ۷) وی مدلی مفهومی را ارائه می‌دهد که در آن تکنولوژی همپای طبیعت منجر به خلق ایده‌های نو در طراحی می‌شود.

جنین بنیوس در کتاب خود با عنوان "زیست‌تقلیدی خلاقیت ملهم از طبیعت" زیست‌تقلیدی را اینگونه تعریف می‌کند: واژه لاتین زیست‌تقلیدی (بایومیمیکری) برگرفته از کلمه یونانی bio به معنی حیات و mimesis به معنی تقلید است که همانطور که در نمودار نشان داده شده در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد از سه وجه قابل بررسی است.



شکل ۱. جنبه های مختلف رویکرد زیست تقلیدی از نگاه بنیوس (منبع: بنیوس، ۱۳۸۱)

Figure1: Different aspects of the Biomimicry approach from the point of view of Benius.

Source: (Benyus, 2002)

همچنین دکتر باومیستر می‌گوید: زیست‌تقلیدی یادگیری از طبیعت و سپس تقلید از فرم‌های طبیعی، روندهای طبیعی و اکوسیستم‌ها برای خلق طراحی‌هایی با پایداری بیشتر است (باومیستر، ۱۳۹۲: ۸). هسته اصلی این ایده آنست که طبیعت

² Frosch and Gallapoulos

بسیاری از مشکلات را حل کرده، انسان با مسائلی چون انرژی، غذا، آب و هوا، حمل و نقل، مشارکت و زندگی اجتماعی درگیر است و یادگیری از موجودات هوشمند دیگر می‌تواند به رفع مشکلات وی سرعت بخشد تا شرایطی را به وجود آورد که همسو با زندگی در طبیعت باشد.

بنیوس اظهار داشته که عمل تقلید در زیست‌تقلیدی در سه سطح انجام می‌شود. اولین مرحله تقلید از ویژگی‌های یک ارگانیسم، یعنی ظاهر، شکل بصری، اجزای سازنده، مواد و خصوصیات مورفولوژیکی آن موجود زنده است. سطح دوم، نگاهی عمیق‌تر به رشد، تولیدمثل و توسعه یک موجود بیولوژیک در محیط خود و فرآیندهای طبیعی که آن موجود با آنها مرتبط است می‌باشد. سطح سوم مجموعه‌ای پیچیده‌تر از فرآیندها است و فرم و فرآیندها را در یک اکوسیستم مورد مطالعه قرار می‌دهد و در اینجا تقلید از روی الگویی پیچیده انجام می‌شود (العبدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۴۷۳) در بیانی دیگر رزازی این الگو برداری از طبیعت را از گیاهان برای استفاده در پوسته‌های ساختمانی در سه مسیر اصلی ریخت‌شناسی، ساختار فیزیکی و رفتاری مطرح کرده است (رزازی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲) ایلاریا مازولنی تمرکز مطالعاتش در زیست‌تقلیدی را بر روی معماری گذاشته و در کتابش مطرح می‌کند که: "دانشجویان در رشته‌های طراحی و معماری می‌توانند دانش را از دنیای بیولوژیکی به منظور بهبود نحوه زندگی انسان‌ها بیاموزند. مطالعه دنیای طبیعی، توجه به ارتباطات و تنوع طبیعت را در نظر می‌گیرد، و معماران می‌توانند از این دیدگاه یاد بگیرند تا عناصری طراحی کنند که بتوانند جزء جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های طبیعی باشند." (مازولنی، ۱۳۹۱: ۲۹) مایکل پاولین از دیگر معماران آشنا با رویکرد زیست‌تقلیدی است که تعدادی از طرح‌های معماری‌اش را با استفاده از رویکرد زیست‌تقلیدی اجرا کرده‌است وی در پنجمین سمپوزیوم ولوکس که در سال ۲۰۱۳ در کپنهاگ برگزار شده تعریف زیر را از زیست‌تقلیدی ارائه می‌دهد: "پیام کلی در زیست‌تقلیدی آنست که یاد بگیریم کارها را آنطور که طبیعت انجام می‌دهد، انجام دهیم و اشیاء را آنطور که طبیعت می‌سازد، بسازیم که با اینکار انقلابی در مصرف بهینه منابع ایجاد کرده‌ایم." (کنفرانس گروه ولوکس، ۱۳۹۱). لیدیا بادارنا هم تحقیقاتی را در زمینه مورفولوژی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی انجام داده‌است، که خلاصه آن در جدول ۱ نشان داده شده است. به عنوان مثال وجود چین خوردگی در مورفولوژی پوسته‌های ساختمانی (آنطور که در کاکتوس‌ها دیده می‌شود) منجر به نگهداری رطوبت و ایجاد مناطق خودسایه انداز روی سطح دانسته که کاربرد آن در معماری همراستا با طبیعت می‌تواند ارتقا عملکرد تهویه در پوسته‌های ساختمانی باشد (بادارنا، ۱۳۹۵: ۴۰).

جدول ۱. تناسبات مورفولوژیک در ایجاد عملکردهای موثر ارایه شده توسط بادارنا (منبع: بادارنا، ۱۳۹۵)

Table1. Morphological proportions in creating effective functions presented by Badarnah (Source: Badarnah, 2017)

کاربرد	عملکرد	مورفولوژی
تهویه	فراز و نشیب‌ها روی سطوح باعث ایجاد جریان باد می‌شوند	فراز و نشیب‌ها
خنک کردن	چین خوردگیها در سطح پوست ارگانسیم سطح مناسبی برای نگه‌داری رطوبت و تبخیر آن فراهم می‌کنند. علاوه بر آن، این چین و چروک‌ها باعث ایجاد مناطق خودسایه‌انداز بر روی سطح شده که بار گرمای دریافتی را کاهش داده منجر به ایجاد جریان‌های همرفتی در اطراف پوسته می‌شود.	چین خوردگیها
جذب آب و جذب نور	میکرو ساختار شش ضلعی سطوح، به طور قابل توجهی زاویه تماس سطح را کاهش می‌دهد و به یک سطح فوق‌العاده آبدوست می‌انجامد، و الگوی بهینه‌ای برای جذب آب با کمک خاصیت مویینگی ایجاد می‌کند. این الگو باعث افزایش راندمان رهگیری نور نیز می‌شود.	شش ضلعی‌ها
جذب آب	برجستگیها سطحی ظریف ایجاد می‌کند که باعث جذب آب از مه هوا می‌شود	برجستگیها
خنک کردن و پخش آب و مواد	شیارها در گیاهان به انتقال آب جمع آوری شده کمک می‌کنند و با ایجاد مناطق خودسایه‌انداز بر روی سطح بار گرمای دریافتی را کاهش داده منجر به ایجاد جریان‌های همرفتی در اطراف پوسته می‌شوند.	شیارها
پخش آب	مویرگها در گیاهان و در بدن انسان با استفاده از خاصیت مویینگی به انتقال مایعات کمک می‌کنند.	مویرگها
جذب نور و سایه‌اندازی	آرایش فراکتالی سیستم‌های به نحو بهینه‌ای از انرژی استفاده می‌کند. ترتیب فراکتال توالی فیوناچی دانه‌ها باعث بسته‌بندی مؤثر و بهینه برای افزایش راندمان رهگیری نور است. نانوساختارهای فراکتال در بال پروانه بسیار منعکس کننده نور هستند.	فراکتال
تنظیم نور و تولید انرژی	لایه‌های افقی می‌تواند طول موج‌های مختلفی را دریافت کند و تغییر ضخامت می‌تواند به جذب ۹۶ درصدی انرژی خورشیدی برسد	ساختار لایه‌لایه
خنک‌سازی و مرطوب کردن	منافذ باعث پخش مستقیم آب جمع‌آوری شده می‌شوند همچنین بسته به نیاز دمایی بدنه می‌توانند باعث تبخیر آب نیز شوند.	منافذ
خنک‌سازی و مرطوب کردن	این موهای ریز باعث افزایش آبریزی و شکست نور می‌شوند.	تريکوم‌ها

جامعه مورد مطالعه را کارشناسان و متخصصان مرتبط با مسائل محیط‌زیستی شهرستان کرمانشاه تشکیل دادند که با از نظر دکتر بادارنا محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای در تکامل فرم‌های خاص طبیعی، ترتیب قرارگیری و ترکیب سیستم‌های طبیعی برخوردار است (بادارنا، ۱۳۹۵: ۱۰). در میان پژوهشگران ایرانی نیز دکتر گلابچی هدف معماران از وارد شدن به مباحث زیست تقلیدی را ابداع در زمینه معماری می‌داند و اذعان می‌دارد: "معماران با تحقیق در حوزه‌های مشترک بین معماری و زیست‌شناسی در پی یافتن الگوهای مناسب و کشف ایده‌های بدیع و انتقال خصوصیات بایولوژیکی به معماری هستند." (گلابچی و خرسند نیکو، ۱۳۹۳: ۱۰۵) تعاریف اندیشمندان این حوزه در جدول ۲ گردآوری گردیده است.

¹ light interception

جدول ۲. تعاریف از رویکرد زیست‌تقلیدی (منبع: نگارندگان)

Table2. Definitions of Biomimicry approach (Source: Authors)

نام محقق	نظریه و تعریف	اصول استخراج شده از تعاریف اندیشمندان این حوزه
سال		
جک ای. استیل	علم سیستم‌هایی که عملکردهایی کپی شده از طبیعت دارند، و یا به ویژگی‌هایی از سیستم‌های طبیعی شباهت‌هایی دارند.	طبیعت به عنوان الگو شباهت به ویژگی‌هایی از سیستم طبیعی
۱۹۶۰		
فراش و گالاپولوس	شبیه‌سازی اکوسیستم‌ها با خلق تعادل فی مابین طبیعت و بشر.	طبیعت به عنوان الگو شبیه سازی اکوسیستم ها با خلق تعادل بین طبیعت و بشر
۱۹۸۹		
جنین بنیوس	زیست تقلیدی: طبیعت به عنوان الگو، معیار، مربی علمی جدید که الگوهای طبیعت را مورد مطالعه قرار می دهد و سپس از این طرح‌ها و فرایندها برای حل مشکلات انسانی تقلید می‌کند یا الهام می‌گیرد.	طبیعت به عنوان الگو
۱۹۹۷		
وارنر ناختیگال	به عنوان یک رشته علمی زیست تقلیدی به طور ساختاری با تولید و اجرا فنی فرآیندهای ساختن و توسعه اصول سیستم های زیستی در ارتباط است. همچنین شامل اشکال متنوع تأثیرات متقابل میان اجزا زنده و غیر زنده و نظام‌های مربوط به آنهاست.	طبیعت به عنوان الگو تأثیرات متقابل بین اجزا زنده و غیر زنده
۱۹۹۸		
ایلاریا مازولنی	رشته‌های طراحی و معماری می توانند دانش از دنیای بیولوژیکی را به منظور بهبود نحوه زندگی انسان‌ها بیاموزند مطالعه دنیای طبیعی، توجه به ارتباطات و تنوع طبیعت را در نظر می‌گیرد، و معماران می‌توانند از این دیدگاه یاد بگیرند تا عناصری طراحی کنند که بتوانند جزء جدایی ناپذیر از سیستم‌های طبیعی باشند.	طبیعت به عنوان الگو جزء جدایی ناپذیر از سیستم طبیعی
۲۰۱۳		
مایکل پاولین	زیست تقلیدی اینست که کارها را آنطور که طبیعت انجام می‌دهد انجام شوند و اشیا آنطور که طبیعت آنها را می سازد ساخته شوند که با اینکار انقلابی در مصرف بهینه منابع ایجاد شده است.	طبیعت به عنوان الگو مصرف بهینه منابع
۲۰۱۳		
دایانا باومیستر	زیست تقلیدی یادگیری از طبیعت و سپس تقلید از فرم‌های طبیعی، روندهای طبیعی و اکوسیستم‌ها برای خلق طراحی‌هایی با پایداری بیشتر است.	طبیعت به عنوان الگو طراحی با پایداری بیشتر
۲۰۱۴		
محمود گلابچی	کشف ایده‌های بدیع با تحقیق در حوزه های مشترک بین معماری و زیست‌شناسی و انتقال خصوصیات بیولوژیکی به معماری.	طبیعت به عنوان الگو طبیعت منبع خلاقیت
۲۰۱۵		
لیدیا بادارنا	زیست تقلیدی می‌تواند رویکردی موثر در طراحی پوسته‌های ساختمانی زنده باشد.	طبیعت به عنوان الگو پوسته‌هایی با ویژگی موجودات زنده
۲۰۱۷		

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد اصل طبیعت به عنوان الگو در تمام تعاریف اندیشمندان این حوزه دیده می‌شود همچنین در هر یک از تعاریف نکته‌ای تازه جلوه‌گر شده است در تعریف جک ای. استیل به شباهت‌هایی از سیستم اشاره شده که الگوبرداری از روابط بین موجود زنده با اکوسیستم را نیز می‌پوشاند. در تعاریف پاولین و باومیستر به اصل پایداری در طراحی با رویکرد زیست‌تقلیدی اشاره شده (باومیستر، ۱۳۹۲: ۸). در تعاریف فراش و گالاپولوس و وارنر ناختیگال به شبیه‌سازی اکوسیستم اشاره شده (العبدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۴۷۳) و در تعریف دکتر گلابچی به زمینه های ابداع و نوآوری با استفاده از این رویکرد اشاره شده و نهایتاً در تعریف ایلاریا مازولنی طراحی به اصلی

می‌رسد که در آن مصنوع بشری به عنوان جزیی جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم مطرح می‌شود (مازولنی، ۱۳۹۱: ۲۹). در تعریف لیدیا بادارنا واژه زنده برای چنین پوسته‌هایی در نظر گرفته شده است.

همانگونه که از تعاریف بر می‌آمد اصول زیست تقلیدی همراستا با اصول زندگیست استفاده از این اصول منظم طبیعت به طراحان در اولویت‌بندی معیارهای پروژه طراحی کمک می‌کند جمع‌آوری این اصول و سازماندهی آنها خود سیری تکاملی داشته و پس از سال‌ها تحقیق و مطالعه، این اصول اشکال مختلفی به خود گرفته‌اند. لذا در این تحقیق به بررسی اصول ذکر شده زندگی از دید اندیشمندان این حوزه نیز پرداخته شده است. چنین بنیوس ویژگیهای مشترک موجودات زنده در طبیعت را با نه اصل ذکر کرده که عبارتند از اول کار کردن طبیعت با نور خورشید، دوم آنکه طبیعت تنها از انرژی به اندازه‌ای که نیاز دارد استفاده می‌کند. سوم آنکه طبیعت فرم را بر اساس عملکرد طراحی می‌کند. چهارم آنکه طبیعت همه چیز را بازیافت می‌کند. پنجم آنکه طبیعت ایجاد همکاری می‌کند. ششم آنکه طبیعت با ایجاد تنوع سرمایه‌گذاری می‌کند و هفتم آنکه طبیعت نیاز به تخصص‌های محلی دارد. هشتم آنکه طبیعت جلوی زیاده روی را از درون می‌گیرد و نهم آنکه طبیعت با قدرت محدودیت‌ها را خاموش می‌کند (بنیوس، ۱۳۸۰: ۷).

پترا گرابر نیز اصولی که در ادامه آمده به عنوان اصول طراحی طبیعت محور ذکر کرده است، اصولی همچون رعایت قوانین فیزیک که حیات بر مبنای آنها شکل گرفته راندمان انرژی بالا، توانایی خود سازماندهی، توانایی ضمنی در رفتارهای سازشی پیچیده که ویژگی اصلی سیستم‌های زنده به شمار می‌رود، غیر خطی بودن و وجود حلقه‌های بازخوردی، گشودگی به معنای تبادل ماده، انرژی و اطلاعات با محیط، کنترل اطلاعات برای حفظ بقا که با رعایت مواردی همچون کنترل و دسته بندی اطلاعات و کاهش حجم آنها، کمینه‌سازی و انسجام که با طراحی در مقیاس نانو و چند عملکردی بودن اجزا امکانپذیر است را معرفی می‌کند (گرابر، ۱۳۹۴: ۱۴۵-۱۵۵).

در بین محققان ایرانی هم برخی خصوصیات موجود در طبیعت از دیدگاه گلابچی ذکر گردیده است که عبارتند از بهینه سازی و بازده انرژی، که در این مورد به نقل از گلابچی، ورنر ناختیگال برای ساختارهای طبیعی مواردی همچون تلفیق شدن به جای اضافه کردن ساختاری جدید، بهینه ساختن تمامی ساختار به جای بیشینه کردن تنها یک ساختار، ساختارهای چند عملکردی به جای ساختارهایی با یک عملکرد، سازگاری مطلوب با محیط پیرامون، استفاده مستقیم یا غیر مستقیم از انرژی خورشیدی، توقف موقت به جای تداوم بی‌فایده، بازیافت کامل به جای انباشتن ضایعات، تلفیق مجموعه به جای سیستم خطی و تکامل یافتن به جای آزمون و خطا را ذکر کرده است (گلابچی و خرسند نیکو، ۱۳۹۳: ۵۹-۶۳) در کتاب باومیستر نیز به اصولی اشاره شده که نهایتاً در جدول ۳ بر مبنای طبقه‌بندی ایشان نظریات اندیشمندان این حوزه خلاصه‌سازی و جمع‌بندی شده است.

۸۶. فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی - سال ۱۳۹۴، شماره دوم، بهار ۱۳۹۴

جدول ۳. روش‌های ارایه شده طبیعت در راستای اصول زندگی بر مبنای طبقه‌بندی باومیستر (منبع: باومیستر، ۱۳۹۴)

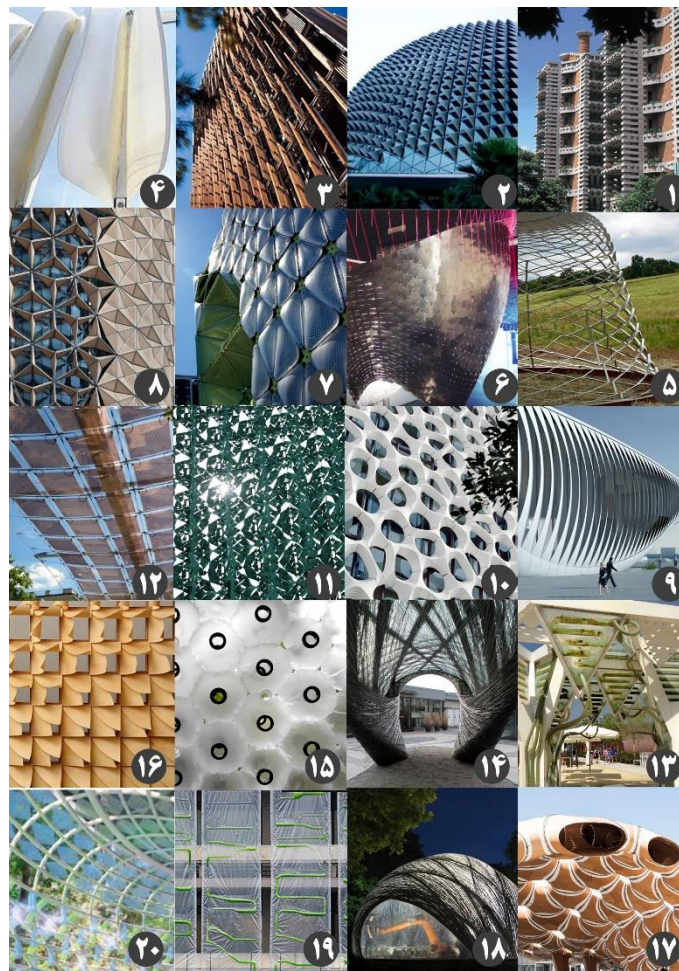
Table 3. Methods of nature to life principles based on Baumeister's classification (Baumeister, 2014)

ردیف	اصول زندگی	روش‌های ارایه شده در طبیعت
۱	تکامل برای زنده ماندن	- استراتژی‌های تکرارشدنی کارآمد - تلفیق شدن مجموعه به جای سیستم خطی - ادغام غیر منتظره - تجدید سازماندهی اطلاعات - کاهش حجم اطلاعات ورودی به سیستم به صورت مداوم
۲	تطبیق‌پذیری با شرایط متغیر	- ترکیب متنوع - حفاظت از طریق نوسازی - انعطاف‌پذیری از طریق تنوع - افزودگی و غیرمتمرکز سازی
۳	همانگی و پاسخگویی در محل	- بهترین استفاده از روندهای گردش - استفاده از مواد و انرژی‌های در دسترس - استفاده از چرخه‌های بازخوردی - ترویج روابط همکاری
۴	توسعه یکپارچه با رشد	- خودسازمانده - ساخت از پایین به بالا - ترکیب اجزا مدولار و تودرتو - گشودگی به معنای تبادل ماده و انرژی
۵	منابع کار آمد ماده و انرژی	- استفاده از روندهای کم‌مصرف (استفاده کمتر انرژی) - رعایت قوانین فیزیک - استفاده از طراحی چندکاربردی - باز یافت همه مواد - پیروی شکل از عملکرد
۶	استفاده از شیمی طبیعت دوست	- شکستن محصولات به اجزای بی‌خطر - ساخت انتخابی با زیر مجموعه کوچکی از عناصر - انجام شیمی قابل حل در آب

روش پژوهش تحلیلی (تحلیل محتوای متن) بوده و داده‌ها با استفاده از اسناد و مدارک متون تخصصی موجود و مدارک کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. پس از مطالعه اصول ذکر شده توسط اندیشمندان این حوزه به بررسی اصول موجود در ۲۰ پوسته ساختمانی طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی پرداخته شد که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند و بررسی اصول زیست تقلیدی در آنها در جدول ۴ نشان داده شده‌است. همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد سه اصل اساسی مصرف بهینه انرژی، مصرف بهینه مواد و طبیعت به عنوان الگو در تمام نمونه‌ها دیده می‌شود اما میزان الگوبرداری از طبیعت در نمونه‌ها مختلف بوده لذا نمونه‌ها بر اساس میزان برخورداری از این اصول به چهار گروه تقسیم شدند که از طریق مصاحبه با متخصصین این حوزه نمونه‌های انتخابی تدقیق و نهایی شد.

- گروه اول تنها شباهت به ویژگی‌هایی از سیستم‌های طبیعی داشتند.

- گروه دوم با در نظر گرفتن تاثیرات متقابل بین اجزای زنده و غیر زنده این الگوبرداری را بسط داده‌اند.
 - گروه سوم شاهد نمونه‌هایی هستیم که شبیه اکوسیستم طبیعی شده‌اند.
 - گروه چهارم حتی توانسته‌اند به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم تبدیل شوند.
- این بیست نمونه به گفته طراحان و معمارانشان با تقلید از موجودات زنده و رویکرد زیست تقلیدی طراحی شده بودند. لذا همانطور که اشاره شد اصول مرتبط با این رویکرد بر اساس تعاریف اندیشمندان این حوزه شناسایی و تدقیق شد. سپس این اصول در ایران با بررسی یک نمونه اولیه انجام شد.



شکل ۲. بیست پوسته طراحی و بررسی شده با رویکرد زیست تقلیدی (منبع: نگارندگان)

Figure 2. Twenty Envelops designed and examined with Biomimicry approach (Source: Authors)

با توجه به جدول ۴ و شکل ۲ نمونه‌ها عبارتند از شماره ۱ ساختمان مرکز خرید ایستگیت^۴ با معماری میک پیرس^۵ در سال ۱۹۹۶ و زیمنابوه. در طراحی این ساختمان از لانه موریانه به عنوان الگو الهام گرفته شده (گلابچی و خرسند نیکو، ۱۳۹۳: ۱۷۹) که در جهت مصرف بهینه انرژی با استفاده از قوانین فیزیک و همرفت تهویه طبیعی ساختمان انجام می‌شود، در طراحی این ساختمان سعی شده از مواد هماهنگ و پاسخگو در محل استفاده شود و ساختمان از لحاظ مورفولوژیک به گونه‌ای طراحی شده که دریچه‌ها و پنجره‌های همچون حفره‌های موجود در لانه موریانه‌ها به تهویه بهتر آن کمک می‌کنند. همچنین توربین‌های بادی قرار گرفته در بام ساختمان تولید کننده انرژی هستند. برای نمونه شماره ۲ آمفی تیاتر اسپلاناد^۶ با معماری دی پی و مایکل ویلفورد^۷ در سال ۲۰۰۲ و سنگاپور بررسی شد این ساختمان هم از گیاه خارگیل به عنوان الگو بهره‌مند شده در این گیاه پوسته پرپشت، چند لایه و نیمه سخت از بذر گیاه درونی محافظت می‌کند، به طور مشابه در سقف این ساختمان هم، یک سیستم سایه‌بان لایه‌دار که شبیه پوسته گیاه از خارج است، داخل ساختمان را از گرم شدن حفظ کرده باعث بهره‌مندی ساختمان از نور طبیعی خورشید می‌شود (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۵) برای نمونه شماره ۳ ساختمان کانسیل هاوس^۸ ۲ با معماری میک پیرس در سال ۲۰۰۶ و در ملبورن و مجدد با الهام از لانه موریانه‌ها در نظر گرفته شد، در این ساختمان جداسازی زباله در مبدا، استفاده از پنل‌های خورشیدی، تصفیه فاضلاب ساختمان و عرضه آب غیر آشامیدنی به ساکنین برای مصارفی چون: سرمایش، سیفون، آب فشان اطفای حریق، آبیاری و فواره دیده می‌شود. نمای شمالی دارای باغ‌های عمودی و تخلیه شبانه هوا با باز شدن خودکار پنجره‌های شمالی و جنوبی است. تمام مواد و مصالحی که در نازک کاری ساختمان به کار رفته‌اند حتی صندلی‌ها دارای شناسنامه سبز هستند و چرخه عمر محصول و استفاده بهینه از مواد در آن رعایت شده است. آفتابگیرهایی که با تغییر حرکت خورشید تغییر جهت می‌دهند رعایت همزمان استانداردهای مالی، اجتماعی زیست محیطی را نشان می‌دهد. در این ساختمان هم همچون اثر قبلی میک پیرس (ایستگیت) رعایت قوانین فیزیک چون همرفت برای تهویه و تامین انرژی با استفاده از توربین‌های بادی بام ساختمان و جاذبه برای عملکرد بهتر مکانیسم خنک کننده‌ها دیده شد.

در نمونه شماره ۴ سیستم فلیکتوفین^۹ در نظر گرفته شد که در دانشگاه اشتوتگارت آلمان و سال ۲۰۱۰ با الهام از گل پرنده‌بهشتی طراحی شده است. فلیکتوفین یک سیستم بدون لولا است که با تغییر فشار در محور اصلی قادر به

4. Eastgate center

5. Mick Pearce

6. Esplanade Theater

7. DP Architects & Michael Wilford

8. CH2 (Council House 2)

9. Flectofin hingeless louver system

چرخاندن باله‌ها به میزان ۹۰ درجه است. گیاهان فرآیند باز و بسته شدن را بدون لولا در محدوده الاستیکی و ویسکو الاستیکی مواد سازنده‌شان انجام می‌دهند. در این نمونه هم از این ویژگی الهام گرفته شده و بر اساس ویژگی‌های ماده و ویژگی‌های مورفولوژیک پره‌ها پیروی شکل از عملکرد در این نمونه دیده شد.

نمونه شماره ۵ پوسته خود رشد کننده است، با معماری هارش لالوانی^{۱۰} در سال ۲۰۱۱ و میامی که با الهام ساختار دی‌ای‌ان طراحی شده است. در این نمونه ایده کم هزینه روش ساخت مورد توجه قرار گرفته که با استفاده از روندهای کم مصرف انرژی و انرژی‌های در دسترس (بهره مندی از قوانین فیزیک مثل جاذبه) محقق شده است. نمونه شماره ۶ شکوفه ۲ با معماری دوریس کیم سونگ^{۱۱} در سال ۲۰۱۱ و در سیلورلیک با الهام از پوست ملخ است که در آن پیشنهاد دوریس کیم سونگ آنست که پوست ساختمان باید مثل پوست ملخ عمل کند که به صورت طبیعی دمای بدن را متعادل سازد، وی ماده‌ای پیشنهاد داده که به سادگی با توجه به قوانین فیزیک (انبساط مواد) به صورت هوشمند عمل کرده و هنگام گرما دریچه‌های آن به صورت خودکار باز می‌شوند و باعث به وجود آمدن جریان هوا و تهویه طبیعی فضای داخلی می‌شود. نمونه شماره ۷ ساختمان رسانه تی‌ای‌سی^{۱۲} با معماری کلودناین^{۱۳} در بارسلونا و اجرا شده در سال ۲۰۱۱ و با الهام از برگ است سیستم به کار رفته در این ساختمان دارای بالشتک‌های چند لایه ساخته شده از موادی است که نسبت به انرژی خورشیدی پاسخگو هستند و استفاده از مواد هماهنگ و پاسخگو در محل امکان پیروی شکل از عملکرد برای تهویه بهتر فضای داخلی پوسته را فراهم ساخته است. که همچون برگ‌ها که لایه لایه انتقال نور خورشید از بالای درخت به پایین آن را کنترل میکنند این بالشتک‌ها هم با کدر شدن لایه‌های داخلی در برابر نور خورشید از گرم شدن بیش از حد فضای داخلی ساختمان در برابر تابش خورشید جلوگیری می‌کنند (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۶).

نمونه شماره ۸ برج البحار با معماری ایداس^{۱۴} در ابوظبی و سال ۲۰۱۲ با الهام از گل نیلوفر پیچ طراحی شده این برج‌ها هر کدام ۲۵ طبقه و ۱۴۵ متر ارتفاع دارند و بر روی آنها از سلول‌های خورشیدی استفاده کرده‌اند و تامین انرژی با استفاده از انرژی محیطی به وضوح در آن دیده می‌شود. پانل‌های قرار گرفته روی برج‌ها همچون گل برگ‌های گل نیلوفر پیچ با توجه به زاویه تابش خورشید از خود عکس العمل نشان می‌دهند، این دیواره‌ها که با

¹⁰. Haresh Lavani

¹¹. Bloom

¹². Doris Kim Sung

¹³. Media-TIC building

¹⁴. Cloud 9 Architects

¹⁵. Aedas Architects

فاصله دو متری از دیواره خارجی و بر روی یک فریم مجزا ساخته شده‌اند به گونه‌ای بوده که در طول روز نور خورشید را جذب کرده و تا حدودی از گرما و نور ورودی به داخل ساختمان جلوگیری می‌کنند و هنگام غروب خورشید تمامی صفحات بسته می‌شوند و قسمت بیشتری از نمای زیرین قابل مشاهده می‌گردد و نور را به داخل راه داده باعث روشنایی طبیعی ساختمان در ساعات بیشتری از روز می‌شوند (اکبری، ۱۳۹۷: ۸) لذا با الگو گیری از طبیعت مصرف بهینه انرژی در آن دیده شد.

نمونه شماره ۹ با نام یک اقیانوس^{۱۶} با معماری سوما^{۱۷} در کره جنوبی و سال ۲۰۱۲ که با الهام از آبشش ماهی طراحی شده است (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۶). نمای این ساختمان از فایبر گلاس تقویت شده است که ظرفیت شکل‌پذیری بالایی دارد و همچنین در مقابل خمش و وزش باد مقاومت مناسبی دارد لذا از مواد پاسخگو در محل در طراحی آن استفاده شده و تهویه ساختمان نیز به صورت طبیعی انجام می‌شود زیرا دریچه‌ها در جهت باد غالب سایت قرار گرفته و شباهت‌هایی به سیستم طبیعی تنفس ماهی دارد و ضمناً انرژی لازم برای عملکردهای ساختمان با استفاده از پانل‌های خورشیدی تامین می‌گردد که بیانگر استفاده مناسب از انرژی‌های در دسترس است.

نمونه شماره ۱۰ بیمارستان دکتر مانوئل جی گنزalez^{۱۸} با معماری استودیو الگانت امبلیشمنتس^{۱۹} در سال ۲۰۱۳ و مکزیک با الهام از دیاتوم است. پوسته‌ای شامل ماژول‌های متعدد که حول برج بیمارستان پوشیده شده و در معرض اشعه فرابنفش خورشید فعال می‌شوند. ماژول‌ها با کمک دی‌اکسیدتیتانیوم که یک فناوری ضدآلودگی است و توسط نور روز فعال می‌شود، پوشیده شده‌اند و با استفاده از پیکربندی منحصر به فرد این فناوری، آلاینده‌های هوا را در هنگام قرار گرفتن در شرایط آلوده، خنثی می‌کند (زیمر، ۱۳۹۱). شماره ۱۱ سایه‌بان فرکتال با معماری شرکت لافسی^{۲۰} در سال ۲۰۱۳ در ژاپن با الهام از درختان طراحی شده است سایه‌بان از دو صفحه ساخته شده است که با دو الگوی مختلف فراکتالی برش داده شده‌اند. الگوی رویی با الگویی از برش‌های مثلثی ساخته شده است که برگ‌های بالای درخت با تراکم کمتر را شبیه سازی می‌کند. سایبان پایین با برش‌های شش ضلعی بریده شده است که از برگ‌های زیرین روی درخت تقلید می‌کند. این برگ‌ها کندتر اما با دامنه بزرگتر حرکت می‌کنند درست بر خلاف برگ‌های رویی سطح درخت که سریعتر و با دامنه کمتر حرکت می‌کنند لذا این سایبان‌ها در مقایسه با سایه‌بان‌های معمولی خنکتر هستند و سایه مطبوعی را ایجاد می‌کنند (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۶). در طراحی این پوسته‌ها ویژگیهای مورفولوژیک فرکتالی در عملکرد پوسته تاثیر به سزایی داشته.

16. One Ocean Thematic Pavilion

17. SOMA Lima

18. Gonzalez

19. Elegant Embellishments

20. Lofsee Co.

نمونه شماره ۱۲ سلول خورشیدی ارگانیک کنارکا^{۲۱} با معماری بی‌الکتریک^{۲۲} در سال ۲۰۱۳ در آلمان با الهام از برگ است، سلول خورشیدی ارگانیک کنارکا با الهام از فوتوستنز در گیاهان طراحی شده و از یک ماده فوتولتائیک پلاستیکی است که هم نور داخلی و هم نور خارجی را جذب می‌کند و آن را به انرژی الکتریکی جریان مستقیم تبدیل می‌کند (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۶) و ضمن شباهت به برگها، استفاده از انرژیهای در دسترس و مصرف بهینه انرژی را به همراه دارد. نمونه شماره ۱۳ سایه بان جلبکی شهری^{۲۳} با معماری اکولوژیک استودیو در میلان در سال ۲۰۱۵ و با الهام از درختان طراحی شده است. این پوسته‌ها به نوعی آینده باغبانی شهری را نشان می‌دهند. معماری خلاقانه این سایه‌بان از تکامل پوسته‌های ای‌تی‌اف‌ای^{۲۴} سرچشمه می‌گیرد و استفاده از این متریال زیستگاه ایده‌آل برای تحریک رشد جلبک‌ها را تضمین و سایه و هوای مطبوع برای بازدید کنندگان فراهم می‌کند. در روزهای آفتابی تابستان میکرو جلبک‌ها به سرعت رشد می‌کنند و در نتیجه پتانسیل سایبان برای بهبود آسایش انسان افزایش می‌دهند (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۷). در هر لحظه میزان شفافیت، رنگ و بهره‌وری از سایبان جلبکی شهری منتج از رابطه همزیستی بین اجزای زنده و غیر زنده این سیستم در جریان است، درست مثل رابطه انسان و درختان. نمونه شماره ۱۴ پوسته عنکبوتی دانشگاه اشتوتگارت آلمان است که در سال ۲۰۱۵ با الهام از عنکبوت آبی طراحی شده است محققین از طریقه ساخت پناهگاه عنکبوت آبی الهام گرفته‌اند. تیم تحقیقاتی بر استفاده از مواد کامپوزیت فیبری تأکید داشته و آن را موثر در سازه‌های سبک وزن و مقاوم بیولوژیکی می‌دانسته‌اند. در فرآیند ساخت این پوسته یک ربات صنعتی در محیط دارای جریان هوای لازم قرار داده شده و ربات خطوط ممتد فیبر کربن را روی قسمت زیرین غشا اولیه پوسته چاپ می‌کند. ربات از چسب کامپوزیت برای پیوند دادن مواد به هم بدون اینکه روی خواص مکانیکی هم اثر بگذرند استفاده می‌کند. هر چه الیاف بیشتری بارگذاری شود غشای نرم به پوسته محکمتری تبدیل می‌شود (سایت دانشگاه اشتوتگارت، ۱۳۹۴) و این روش می‌تواند روشی سودمند برای پوسته‌ها در تولید انبوه صنعتی باشد و نه تنها از مواد مناسب استفاده می‌شود بلکه در مقیاس بزرگ صرفه اقتصادی و مصرف بهینه انرژی را نیز به همراه دارد. نمونه شماره ۱۵ پوسته‌ای که نفس می‌کشد^{۲۵} با معماری تویباس بکر^{۲۶} در ۲۰۱۵ در آلمان و با الهام از پوست انسان است در این ایده هم عضلات پنوماتیکی با کمک یک کمپرسور کم

21. Konarka's Organic Solar Cell

22. Belectric

23. Urban Algae Canopy

4. ETFE

25. Breathing skin

26. Tobias Becker

مصرف میزان نور، وضوح و هوای عبوری از پوسته را تنظیم می‌کند. توبیاس بکر با استفاده از ورق‌های شفاف از پلی کربنات ماکرولون سوراخدار که در دوطرف پانل ساندویچی قرار گرفته این عملکرد را ایجاد کرده که البته این ماده جزو مواد دوستدار محیط زیست نیست و در این ایده تنها مکانیسم عملکرد سلول‌های پوستی منبع ایده‌پردازی بوده است (تجاره و همکاران، ۱۴۰۱: ۷). این پوسته با روزنه‌هایی که دارد قادر است جریان‌های داخلی و خارجی را تنظیم کند.

نمونه شماره ۱۶ پوسته پاسخگو به رطوبت در دانشگاه اشتوتگارت آلمان و سال ۲۰۱۵ با الهام از گل کاج است. اینستروفی مواد در طبیعت باعث بروز ویژگی‌های مختلف فیزیکی آنها در شرایط مختلف محیطی می‌شود و موجودات به خصوص گیاهان برای سازگاری با محیط از این نیروهای ساختاری استفاده می‌کنند، و حرکات سینماتیک و محیطی را بدون استفاده از عضلات خاصی به صورت خودکار انجام می‌دهند (اکبری، ۱۳۹۷: ۱۱). برخلاف راه حل‌های مهندسی شده در این ایده عناصر ساده مواد نقش همان سنسور، محرک و تنظیم کننده را همچون طبیعت بازی می‌کنند. بنابراین این سیستمها یک چارچوب مفهومی و عملی جدید برای سازه‌های معماری سازگار با محیط و پاسخگو ارائه می‌دهند. نمونه شماره ۱۷ پوسته چند لایه در دانشگاه اشتوتگارت آلمان در سال ۲۰۱۶ و با الهام از سکه دریایی است که اهمیت عملکرد این سازه‌های سبک وزن نه تنها به نحوه قرار گرفتن صفحات آن، بلکه به مورفولوژی هندسی یک سیستم دو لایه و نحوه اتصالات آن نیز بستگی دارد (سایت دانشگاه اشتوتگارت، ۱۳۹۴) که باعث وزن کمتر و استحکام بیشتر پوسته می‌شود و در تولید انبوه می‌تواند هم در مصرف بهینه انرژی و هم در مصرف بهینه مواد موثر واقع گردد.

نمونه شماره ۱۸ پوسته ابریشم^{۲۷} در دانشگاه اشتوتگارت آلمان و در سال ۲۰۱۷ با الهام از روش لانه‌سازی کرم ابریشم است که در این پوسته هم ربات‌ها با استفاده از سیستم حسگر یکپارچه پوسته‌ای کامپوزیتی و مقاوم بدون قالب را ایجاد میکنند (کین، ۱۳۹۵) و در تولید انبوه می‌تواند صرفه اقتصادی زیادی به همراه داشته باشد و از لحاظ مصرف انرژی و مواد بهینه باشد. نمونه شماره ۱۹ پرده بیو دیجیتال^{۲۸} با معماری اکولوژیک استودیو و در سال ۲۰۱۸ و در ایرلند است که با الهام از درختان طراحی شده‌است این پوسته با تصفیه هوا و ایجاد بیوپلاستیک‌ها با تغییر اقلیم مبارزه می‌کند. یک نمونه از آن که در ایرلند نصب شده روزانه تقریباً یک کیلوگرم دی‌اکسیدکربن می‌گیرد و ذخیره می‌کند، این پوسته از تعدادی مدول تشکیل شده‌است که عملکرد هر مدول در این پوسته مثل یک فوتوبیورآکتور است که از نور روز برای تغذیه میکرو جلبکها استفاده می‌کند و در شب مقداری نور از خود ساطع می‌کند. تصفیه به این ترتیب است که هوای شهری از پایین وارد پرده بیو دیجیتال شده و حباب‌های هوا از پایین

27. Larvae Silk-Inspired Pavilion

28. Bio-Digital Curtain

وارد واسطه‌ای مایع می‌شوند، دی‌اکسیدکربن و دیگر آلاینده‌ها توسط جلبک‌ها ذخیره می‌شوند و به زیست‌توده تبدیل می‌شوند. و این زیست‌توده می‌تواند در ساخت بیوپلاستیک‌ها موثر مورد استفاده قرار گیرد، که این بیوپلاستیک‌ها هم می‌توانند در ساخت ساختمان‌های فوتوبیورآکتور به عنوان ماده اصلی استفاده شوند. و در نهایت اکسیژن تازه از قسمت بالایی پرده‌ها آزاد شود (والش، ۱۳۹۶) در این نمونه هم نه تنها مصرف بهینه مواد و انرژی دیده می‌شود بلکه با تاثیر به‌سزایی که در محیط دارد و نقشی که در اکو سیستم ایفا می‌کند می‌تواند به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم تبدیل شود.

نمونه شماره ۲۰ ایده طراحی پوسته ماداگاسکار با همکاری دانشجویان مازولنی با الهام از ساختار بال پروانه است که البته این ایده هنوز اجرا نشده است. از ویژگی‌های قابل توجه پروانه ماداگاسکار، الگوی بال‌های چند رنگ آن است تا هشداری باشد برای شکارچیان بالقوه که این پروانه سمی است. در طراحی این پوسته هم از خصوصیات بازتابنده و انکساری مونتاژ چند لایه بال پروانه الهام گرفته شده است. پوسته از مجموعه‌ای بطری‌های پلاستیکی بازیافتی که آب را از طریق کانال‌های سازنده اسکلت پوسته جمع‌آوری می‌کنند، ایجاد شده است. این سازه سیستم جدیدی از تامین آب را معرفی می‌کند. آب از منتهی الیه سطح بالایی پوسته به واسطه کانال‌ها در داخل بطری‌ها پخش می‌شود، زاویه بطری‌ها بسته به مقدار آب جمع شده در آنها تغییر می‌کند یعنی هنگام خالی بودن بطری‌ها عمود بر نما قرار می‌گیرند و هرچه ظرف آب سنگین‌تر شود زاویه بطری با نما بیشتر تغییر می‌کند. نور با شکل و زاویه بطری‌های رنگ‌های متنوعی ایجاد می‌کند. پایه بطری‌ها سیاه است، در حالی که قسمت باقی مانده آن آبی یا سبز است. این تکنیک لایه‌بندی، همراه با هندسه کلی کره‌ای شکل آن، زاویه بازتاب را تغییر می‌دهد و باعث می‌شود هر بطری نسبت به خورشید در موقعیت منحصر به فردی قرار گیرد و بدین ترتیب یک اثر کالئیدوسکوپی ایجاد کند (مازولنی، ۱۳۹۱: ۷۲) این پوسته می‌تواند برای نواحی خاصی حتی به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم تبدیل شود و در بازیافت مواد و تامین آب آشامیدنی موثر واقع گردد. همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد تنها برخی از نمونه‌ها تبدیل به جز جدایی‌ناپذیر از سیستم سالم شدند. با توجه به بررسی نمونه‌های ارائه شده معیارهای مرتبط با عملکرد مناسب پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی با توجه به اصول الگوپذیری از طبیعت و شبیه سازی اکوسیستم با خلق تعادل بین طبیعت و بشر با توجه به تاثیرات متقابل اجزا زنده و غیرزنده و شباهت به ویژگیهایی از سیستم طبیعی به اصول رعایت پایداری بیشتر در طراحی و مصرف بهینه مواد و انرژی می‌رسد که آن را به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم تبدیل می‌کند.

جدول ۴. بررسی اصول مرتبط با رویکرد زیست تقلیدی در نمونه‌های بررسی شده (منبع: نگارندگان)

Table 4. Examining the principles related to Biomimicry approach in the examined samples (Source: Authors)

ردیف	نمونه	مصرف بهینه انرژی	مصرف بهینه مواد	طبیعت به عنوان الگو	جزء جدایی ناپذیر از سیستم طبیعی
۱	مرکز خرید ایستگیت	•	•	•	•
۲	آمنی تیاتر اسپلانات	•	•	•	•
۳	کانسیل هاوس ۲	•	•	•	•
۴	سیستم فلکتوفین	•	•	•	•
۵	پوسته خود رشدکننده	•	•	•	•
۶	شکوفه	•	•	•	•
۷	ساختمان رسانه تی‌ای‌سی	•	•	•	•
۸	برج البحار	•	•	•	•
۹	یک اقیانوس	•	•	•	•
۱۰	بیمارستان دکتر مانوئل جی گنزالز	•	•	•	•
۱۱	سایه بان فرکتال	•	•	•	•
۱۲	سلول خورشیدی ارگانیک کنارکا	•	•	•	•
۱۳	سایه بان جلبکی شهری	•	•	•	•
۱۴	پوسته عنکبوتی دانشگاه اشتوتگارت	•	•	•	•
۱۵	پوسته‌ای که نفس می‌کشد	•	•	•	•
۱۶	پوسته حساس به رطوبت دانشگاه اشتوتگارت	•	•	•	•
۱۷	پوسته چند لایه دانشگاه اشتوتگارت	•	•	•	•
۱۸	پوسته ابریشم	•	•	•	•
۱۹	پرده بیودیجیتال	•	•	•	•
۲۰	ایده طراحی پوسته ماداگاسکار	•	•	•	•

قلمرو جغرافیایی پژوهش

میمند کرمان در ۳۸ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان شهربابک با مشخصات جغرافیایی نشان داده شده در جدول ۵ قرار دارد. این روستا در جوار یک دره کم عمق با طول کمتر از یک کیلومتر بنا شده است، کاربری بیشتر بخشهای روستا مسکونی است و تنها چند بنا با کاربری مدرسه، مسجد، حمام، حسینیه و آتشکده دارد که دارای کاربری عمومی هستند جنس سنگهایی که میمند درون آنها حفر شده از جنس آوارهای آتشفشانی است به نام پامیس و روستا دارای پنج طبقه است و حدود ۳۴۰ واحد مسکونی دارد (یظه‌ری کرمانی، ۱۴۰۱: ۷۲) که تنها ۲۰ خانوار و حدود ۹۰ نفر در آن زندگی میکنند (اشرفی، ۱۴۰۰: ۱۳). روستای صخره‌ای و دستکند میمند بزرگترین و تنها روستای تاریخی در جهان است که هنوز روابط سنتی زندگی در آن جریان دارد. قدمت آن را ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ سال و پس از ورود آریایی‌ها به فلات ایران دانسته‌اند و یکی از دلایل پیدایش آن را اعتقاد به آیین میتراپیسم و تولد از دل کوه را برشمرده‌اند که نزدیک ۳۰۰ کوچه در دل کوه کنده شده و به نقل از باستانی پاریزی آنرا به شکل آسمان خراشی مورب در دیده بازدیدکنندگان نمایانگر ساخته است که با شماره ۴۱۳۵ در فهرست آثار ملی ثبت شده است (ذال، ۱۳۹۵: ۱۳۹) می‌توان تعامل انسان و طبیعت در هزاره دوم میلادی را به خوبی در این روستا دید (لباف خانیکی، ۱۳۹۵: ۱۱۵) پس از بررسی نمونه‌ها روستای صخره‌ای میمند به عنوان نمونه‌ای از ایران انتخاب شد به آن دلیل که بیشترین تطابق را با اکوسیستم خود داشته و طی سال‌ها تداوم زندگی به شیوه کهن و اصیل را به نمایش گذاشته است و گویی جزیی از اکوسیستم است همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌گردد. چگونگی ساختار این خانه‌ها و ترتیب قرارگیری آنها در دل صخره‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

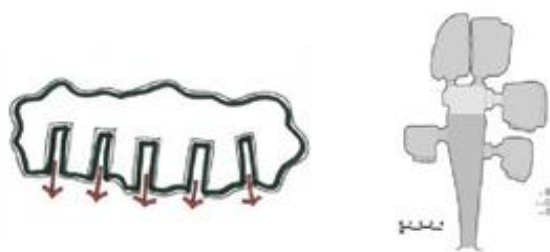
جدول ۵. مشخصات روستای صخره‌ای میمند (منبع: نگارندگان)

Table5. Characteristics of Maymand rocky village (Source: Authors)

جمعیت	مختصات جغرافیایی	مساحت	نوع اقلیم	گویش	شغل	قدمت
حدود ۹۰ نفر	طول جغرافیایی ۵۵° ۱۳' ۲۴.۵۳" N عرض جغرافیایی E ۳۰° ۸' ۴۰.۷"	۴۹۸۵/۸۵ هکتار	گرم و خشک	پهلوی ساسانی	کشاورز و دامدار نیمه عشایر	۱۲ هزار سال

در این روستا جنس خاک به گونه‌ایست که لایه بالایی سخت‌تر از لایه پایینی است و این وضعیت امکان حفر سکونتگاه‌ها را به ساکنین منطقه داده است (اسدی و عباسی، ۱۳۸۷). بناهای این روستا تطابق مناسبی با اقلیم خود و به ویژه درجه حرارت دارا هستند آنها در زمان بیشینه درجه حرارت به واسطه مصالح (ذخیره حرارتی بالای

خاک) و عمق نفوذ (از ۵ الی ۱۲ متر بنا) و نسبت حداقل بازشو به دیوار و سایه بان های مورب و قابی و جهت گیری رو به سمت جنوب و هندسه پلان که نسبت طول به عرض کمتر و نزدیک مربع هستند درجه حرارت مطلوبی را برای ساکنین ایجاد کرده است (خاکسار و مرادی نسب، ۱۴۰۰: ۹۰).



شکل ۳. پلان (سمت راست) ساختار کلی سازه ها در میمند، (چپ) ترتیب قرارگیری خانه های کنده کاری شده در میمند (ماخذ: خدابخشیان، ۲۰۱۶)
Figure 3. Plan (right) general structures in maymand, (left) Order of carved houses in maymand. (Source: Khodabakhshian, 2016)



شکل ۴. نماهایی از روستای میمند (منبع: نگارندگان)

Figure 4. View of Maymand village (Source: Authors)

اقلیم دقیق میمند با توجه به پهنه بندی کوپن BSk می باشد و در ناحیه گرم و خشک با تابستان خشک قرار دارد (عطایی همدانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲۰). در میمند روستاییان حیوانات خود را در مراتع کوهستانی پرورش می دهند همچنین از طریق کشاورزی و خشک کردن گیاهان درمانی و زنبورداری و بافت منسوجات زیبا اقتصاد

خود را تامین می‌کنند (لباف خانیکی، ۱۳۹۵: ۱۱۷). از آنجا که زمستان‌های سردی دارد بازشوها کوتاه و کوچک هستند و در طبقات بالایی اتاق‌هایی جهت انبار وجود دارد (یظه‌ری کرمانی، ۱۴۰۱: ۷۲). به گزارش یونسکو در بهار و پاییز در سکونتگاه‌های موقت زندگی می‌کنند و در ماه‌های سرد زمستانی به خانه‌های تروگلودیتی تراشیده شده‌شان در دل صخره‌های نرم آن منطقه (کمار) مهاجرت می‌کنند. واژه تروگلودیتیک از ریشه یونانی به معنی نفوذ کردن در دل چیزی است که در ایران به آن معماری دستکند نیز می‌گویند (یظه‌ری کرمانی، ۱۴۰۱: ۷۲) اهالی این منطقه نوعی زندگی نیمه عشایری دارند و خانه‌ها در دو نوع مختلف وجود دارند، مارخانه نام خانه‌های نیمه زیرزمینی است که برای در امان ماندن از باد ایجاد شده‌اند با دیوارهای سنگی و پوشش سقف از چوب و کاهگل و خانه‌های مشک‌دان که نوع دیگری از این خانه‌ها هستند و بالای سطح زمین قرار گرفته‌اند و با دیوارهای سنگی خشک و سقف مخروطی از شاخه‌ها ساخته شده‌اند، البته برخی از طویله‌ها بسیار قابل توجه هستند و دارای سقف‌های آجری طاق‌دار یا سنگی می‌باشند اما برخی دیگر در منطقه سر باغ اصلاً سقف ندارند. خانه‌های سرباغ در نزدیکی رودخانه‌های فصلی قرار گرفته‌اند که در تابستان و اوایل پاییز مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنگامی که هوا گرم است، سازه‌ها سبک هستند (پایه دیوارهای سنگی خشک است و ساختار سقف از الوارهای عمودی و افقی پوشیده شده با کاهگل می‌باشد). چاله‌هایی برای جوشاندن و صاف کردن آب انگور مانند کل دوشاب هم وجود دارد که نشان دهنده انواع روش‌های تامین غذای محلی ساکنین می‌باشد. خانه‌های تروگلودیتیک زمستانی از سنگ نرم هستند و حتی در ساخت هم از سنگهایی که سخت‌تر و برنده‌تر از صخره‌ها و مربوط به همان منطقه هستند استفاده شده است و هیچ آسیب محیطی نداشته. از ۳۴۰ واحد خانه شناسایی شده که در منطقه هست تقریباً ۱۲۳ واحد سالم مانده. در آب و هوای خشک میمند باید قدر هر قطره آب دانسته شود و این ماده حیاتی از منابع مختلفی مانند رودخانه‌ها، چشمه‌ها و استخرهای زیرزمینی جمع‌آوری می‌شود و در مخازن جمع می‌شود یا از طریق قنات‌های زیرزمینی هدایت می‌شود تا برای حیوانات، باغ‌ها و قطعات کوچک کشت سبزیجات استفاده شود. ساکنین این روستا پیوندی محکم با محیط طبیعی دارند که در شیوه‌های اجتماعی، مراسم فرهنگی و اعتقادات مذهبی‌شان واضح است. اگرچه مزارع در طرح کلی زنده مانده‌اند اما از آنها دیگر برای پرورش محصولات اصلی استفاده نمی‌شود. بهبود ارتباطات، مانند ارتباط با شهرهای مجاور، به این معنی است که افراد می‌توانند از حیوانات و محصولات کشاورزی خود به نحوی متفاوت از گذشته بهره‌مند شوند. در نتیجه تعداد بسیار کمتری نسبت به یک نسل قبل در روستا باقی مانده‌اند و حتی تعداد خانواده‌های بسیار کمتری از شهرک‌های فصلی استفاده می‌کنند. فقط حدود ۹۰ خانه تروگلودیتیک در زمستان استفاده می‌شود (از ۳۴۰ خانه). در نتیجه تعداد آغل‌ها هم کاهش یافته و به ۸ عدد رسیده، اکثر ساختمان‌های فصلی هر فصل به طور عمده بازسازی می‌شوند و بازتاب سنت‌های این جامعه کوچک می‌باشند (سایت یونسکو، ۲۰۱۵).

یافته‌ها و بحث

پس از بررسی تعاریف رویکرد برای درک بهتر موضوع تجلی اصول در نمونه‌های طراحی شده توسط معماران با نگرش زیست‌تقلیدی بررسی شد. چیزی که در همه مطالعات مشخص است آنست که زندگی هسته اصلی در رویکرد زیست‌تقلیدی است و به گزارش پایگاه میراث فرهنگی مستقر در میمند در سال ۱۳۸۴ به عنوان هفتمین منظر فرهنگی-طبیعی و تاریخی جهان به خاطر هر آنچه از زیبایی و تقابل طبیعت و انسان در خود جای داده است جایزه ملینا مرکوری را به خود اختصاص داده که بیانگر غنای زندگی یعنی هسته اصلی رویکرد زیست‌تقلیدی در این منطقه است و همانطور که در تعاریف اندیشمندان این حوزه و اطلاعات جدول ۲ ملاحظه می‌گردد از اصول اولیه در رویکرد زیست‌تقلیدی قراردادن طبیعت به عنوان الگو است و انسان سعی دارد از طبیعت به عنوان الگو در طراحی‌هایش استفاده کند لذا شباهت به ویژگیهایی از سیستم طبیعی همچون هدفمندی، نظم، فرم بهینه به نوعی در میمند هم دیده می‌شود.

از لحاظ ویژگیهای مورفولوژیک پوسته خانه‌های این روستای تطبیق فرم بر عملکرد با استفاده از ساختار انشعابی مجراهای تهویه، استفاده از ساختارهای صفحه‌ای، ساختار لایه‌لایه جهت دریافت طول موج‌های مختلف با شاخه‌ها و مصالح طبیعی موجود در منطقه، استفاده از فرم منحنی جهت ایجاد سطح تماس بیشتر با زمین و حفاظت سطوح بیشتر از سرما و همچنین شکل نعلی شکل کلی روستا و ایجاد بهترین شرایط دفاعی در راستای حفظ امنیت ساکنین در گذشته از ویژگیهای خاص مورفولوژیک منطقه است. انعطاف‌پذیری فرمی با استفاده از طراحی قسمت‌ها با کارایی چند منظوره، تغییر ساختار با توجه به موقعیت آن، ساخت از پایین به بالا، عدم تعیین کاربری سخت و دقیق برای اتاق‌ها و قابلیت نصب و جداسازی برخی از اجزا و تنوع راهکار برای انجام یک عملکرد در سیستم مثل گرمایش از طریق به کار بردن مصالح مناسب، شکل مناسب، کوچک بودن پنجره‌ها، استفاده از زمین در راستای حفاظت مسکن‌ها در برابر بادهای سرد منطقه ایجاد شده‌است. عوامل فرساینده نظیر باد و باران بر لایه‌های نرم توف که در زیر لایه‌های کنگلومرا قرار دارند اثر تخریبی داشته و حفره‌های کوچک و بزرگی ایجاد کرده که محل استقرار اولیه پناهندگان بوده و لذا آوارهای آتشفشانی پامیس که کمترین تبادل حرارتی با بیرون را داشته‌اند به عایقی مناسب برای حفاظت ساکنین منطقه تبدیل گشته‌اند و دو اصل استفاده از مواد هماهنگ و پاسخگو در محل که دارای شیمی طبیعت‌دوست هستند را پوشش می‌دهد. رودخانه‌های فصلی که از کوه‌های شمالی سرچشمه می‌گیرند و در دشت‌های جنوبی به زمین فرو می‌روند عبارتند از مورنگ، لاختیس، لاختورین و کرم که نقش مهمی در جایگزینی سازه‌های خدماتی مثل آسیاب و حوض انبارها داشته‌اند، اما متأسفانه با بحرانهای محیط زیستی امروز و کاهش منابع سطحی آب کشاورزی دیگر رونق چندانی در این روستا ندارد و دآمداری پایه اصلی معیشت منطقه را دارد که حتی آن هم با مشکل مواجه است. لذا بی‌توجهی به مشکل کم‌آبی دیگر روستا را از جز جدایی‌ناپذیر از

سیستم طبیعی بودن در آورده و بسیاری از ساکنین به شهرهای اطراف مهاجرت کرده‌اند (یظهری کرمانی و امینی گوه‌ریزی، ۱۴۰۱: ۷۷).

آنطور که حناچی و مهران مطرح کرده‌اند برای احیا دو راه وجود دارد که یکی استفاده از فضاهای موجود می‌باشد که در بسیاری موارد با تغییر کاربری امکان‌پذیر است و دیگری طراحی فضاهای جدید بر حسب نیاز می‌باشد (حناچی و مهران، ۱۳۸۶: ۵۴). ظرفیت‌های میراث فرهنگی در این روستا بسیار بالاست و حوزه‌هایی همچون معماری سنتی، صنایع دستی، موزه‌ها، محوطه‌ها و یادبودهای باستانی و غیره را در برمیگیرد اما متأسفانه هنوز استفاده بهینه از این پتانسیل‌ها انجام نشده که شاید احداث مجموعه‌های تفریحی و اقامتگاهی، فروشگاه‌های محصولات فرهنگی، ایجاد راه‌های مواصلاتی روستا، مسیرهای دسترسی به جاذبه‌های روستا و احداث رستوران‌ها و غذاخوری‌ها بتواند به ایجاد شغل در روستا کمک کند و هویت فرهنگی روستا را به نمایش بگذارد (ذال، ۱۳۹۵: ۱۴۲).

در جدول ۵ بررسی اصول مرتبط با رویکرد زیست‌تقلیدی در روستای میمند نشان داده شده است.

جدول ۶. بررسی اصول مرتبط با رویکرد زیست‌تقلیدی در روستای میمند (نگارندگان)

Table6. Investigating the principles related to Biomimicry approach in maymand village (Source: Authors)

اصول رویکرد زیست تقلیدی	بررسی در روستای میمند
استفاده از روندهای کم‌مصرف	استفاده از در دسترس‌ترین مصالح و ابزارها جهت ساخت
استفاده از طراحی چند کاربردی	استفاده از مصالح با قابلیت جابه‌جایی و تغییر کاربری
استفاده از انرژی‌های در دسترس	استفاده از انرژی خورشید، باد و زیست توده
پیروی شکل از عملکرد	ساختار انشعابی مجراهای تهویه، استفاده از ساختارهای صفحه‌ای و ساختار لایه‌لایه جهت دریافت طول موج‌های مختلف
شباهت به ویژگی‌هایی از سیستم طبیعی	ریخت نعلی شکل میمند ایجاد بهترین شرایط برای دفاع و حفظ امنیت در گذشته
تأثیرات متقابل بین اجزای زنده و غیر زنده	نظم، هدفمندی برای مامن بشری و فرم بهینه منطبق و مستور در اکوسیستم در آن دیده می‌شود
تعامل بین عناصر جغرافیایی، تاریخی و فرهنگی	قابلیت زیست در فصول مختلف سال و حلقه‌های مختلف فصلی و شبانه روزی
قابلیت تعمیر و جداسازی	قابلیت تعمیر و جداسازی
شبیه سازی اکو سیستم‌ها با خلق تعادل بین طبیعت و بشر	عوامل فرساینده نظیر باد و باران بر لایه های نرم توف که در زیر لایه‌های کنگلومرا قرار دارند اثر تخریبی داشته و حفره های کوچک و بزرگی ایجاد کرده که محل استقرار اولیه پناهندگان بوده
جز جدایی ناپذیر از سیستم طبیعی	-
استفاده از مواد هماهنگ و پاسخگو در محل	آوارهای آتشفشانی پامیس در محل، کمترین تبادل حرارتی با بیرون
استفاده از شیمی طبیعت دوست	مصالح مورد استفاده در میمند از مواد محلی و طبیعی همان منطقه است و آسیبی به اکوسیستم منطقه نمیزند

معماری

طبیعت

مواد

دست‌آورد پژوهشی و نتیجه‌گیری

با توضیحات ارائه شده پاسخ به سوال پژوهش محقق گردید و همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود در طراحی با رویکرد زیست‌تقلیدی اصل پایه‌ای قرارداد طبیعت به عنوان الگوست که این الگوپذیری صرفاً ظاهری نیست بلکه شباهت به ویژگی‌هایی از سیستم طبیعی مد نظر قرار می‌گیرد که در آنها عواملی چون نظم، هدفمندی و فرم بهینه لحاظ می‌شود در مرحله بعدی توجه به روابط و تأثیرات متقابل بین اجزای زنده و غیر زنده در اکوسیستم قرار می‌گیرد که برای این منظور معمار باید به عواملی چون تطبیق‌پذیری با شرایط متغیر، وجود حلقه‌های بازخوردی و قابلیت تعمیر و جداسازی اجزا توجه کند تا به مرحله بعدی یعنی شبیه اکوسیستم طبیعی بودن برسد. وقتی شبیه اکوسیستم باشد یعنی قابلیت خود سازماندهی دارد، درست مثل روستای صخره‌ای میمند که با داشتن اصول طراحی زیست‌تقلیدی نشان داده شده در جدول ۵ سالها با تامین احتیاجات ساکنین تبدیل به بخشی از اکوسیستم شده اما تکامل و به روز رسانی همراه با تغییرات محیطی، بسیار حایز اهمیت است که از آنجا که متاسفانه در سالهای اخیر توجهی به آن نشده باعث شده بسیاری از ساکنین از این محل مهاجرت کنند و خالی از سکنه شود و اگر این اکوسیستم با شرایط امروزی به‌روزرسانی می‌شد و مشکل کم آبی در آن حل می‌شد و کشاورزی آن رونق می‌گرفت می‌توانست به مرحله بعدی یعنی تبدیل به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم شدن برسد و همچنان که عضوی از زنجیره است توسعه یکپارچه با رشد داشته باشد.

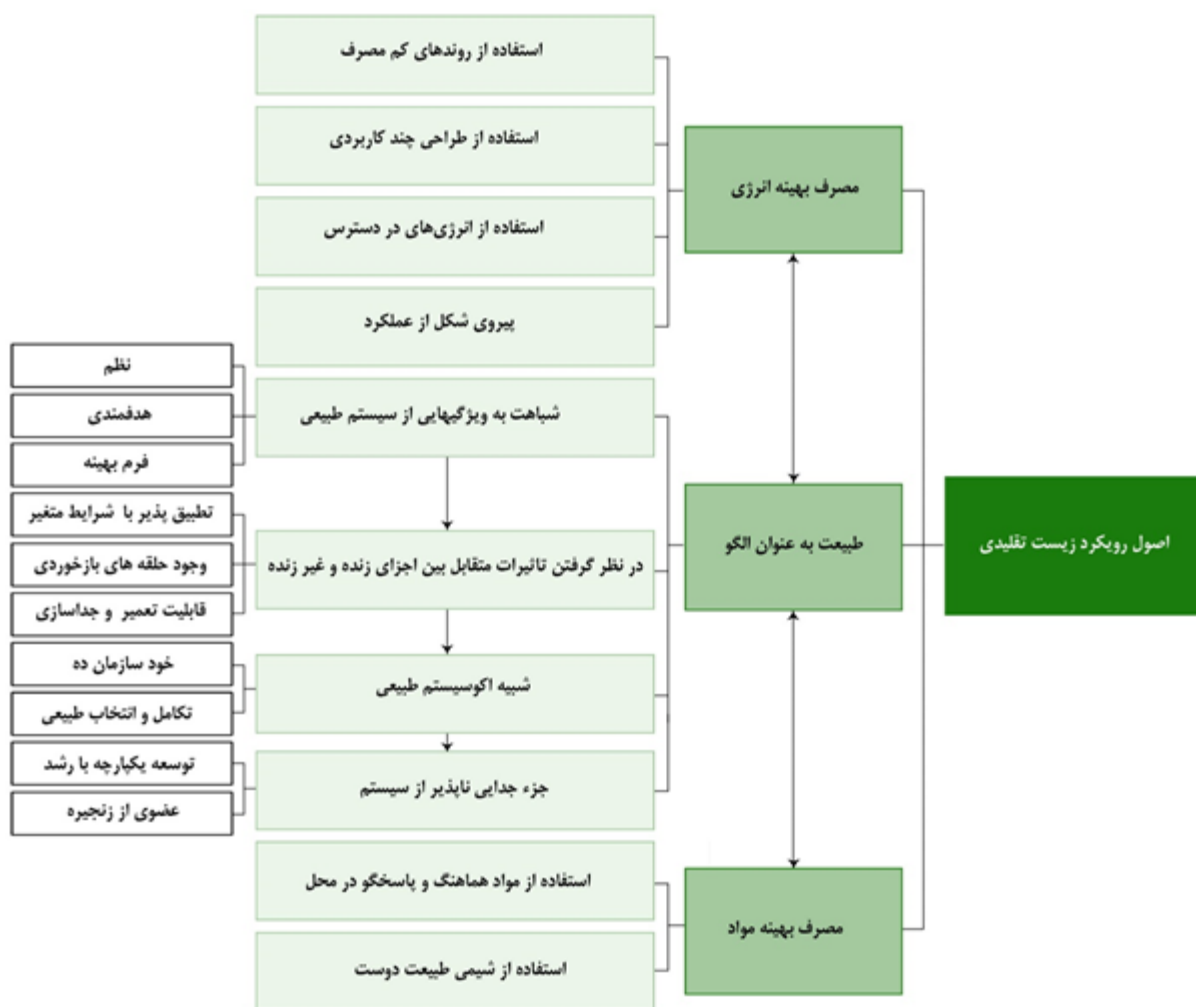
جدیدترین طرح‌ها انجام شده با رویکرد زیست‌تقلیدی خبر از نزدیکی به اصل شبیه اکوسیستم طبیعی بودن می‌دهند که می‌توانند تا حدودی خود سازمان‌ده باشند مثل پرده بیودیجیتال یا سایه‌بان جلبکی. در آینده بشر به دنبال راه‌هایی برای رسیدن به پوسته‌هایی است که بتوانند به جزیی جدایی‌ناپذیر از سیستم تبدیل شوند و همچون موجودات زنده نقشی در اکوسیستم ایفا کنند همه اینها از زندگی گرفته تا آخرین مرحله از شباهت در گرو چرخه مصرف بهینه انرژی و مواد امکان پذیر است. بر طبق بررسی‌های انجام شده عملکردهای لازم برای پوسته‌های ساختمانی تنظیم دما، رطوبت، تهویه، تامین اکسیژن، تنظیم نور و تامین انرژی در نظر گرفته شد که در خانه‌های روستای صخره‌ای میمند تامین انرژی توسط انرژی باد، خورشید و زیست توده و تنظیم رطوبت توسط مواد ضد آب و تنظیم نور با استفاده از انرژی خورشید و، وجود بازشوهایی که امکان تغییر اندازه آنها با جابه‌جایی برگها وجود دارد انجام می‌شود همچنین عملکردهای تهویه، تنظیم دما و تامین اکسیژن با وجود بازشوها، پوسته‌های چند لایه، استفاده از حلقه‌های فصلی و جابه‌جایی ساکنین امکان‌پذیر شده است، اما بی‌توجهی نسبت به بحران کم‌آبی مشکلاتی به وجود آورده که ادامه زندگی با کیفیت در این منطقه را دچار چالش کرده است. البته لازم به ذکر است هرگونه برنامه‌ریزی و طرح بدون در نظر گرفتن اصول گفته شده توسط یونسکو قابل اجرا و کاربردی نخواهد بود اما با توجه به آن اصول معماران خلاق می‌توانند با مرمت فضاهای بومی و بخش‌های از بین رفته، توسعه فضای سبز بومی (با توجه

بازخوانی اصول بهینه‌سازی فرم پوسته‌های ساختمانی با رویکرد ۱۰۱

به گیاهان خاص اکوسیستم همان منطقه) و برنامه‌ریزی برای طرح‌های جامع در زمینه ساماندهی و حفاظت منطقه و جذب گردشگر و در نظر گرفتن جایگاه‌هایی برای کمپینگ و اقامت کوتاه مدت مثلاً با نورپردازی‌های مناسب و تامین امنیت گردشگران و حفظ پاکیزگی و بهداشت منطقه کاربری‌های نوینی در منطقه تعریف کنند و رونق اقتصادی را دوباره به آن بازگردانند. البته برای پیرو رویکرد زیست‌تقلیدی بودن تغییرات، در ایده‌ها باید دو اصل پایه‌ای مصرف بهینه انرژی و مصرف بهینه مواد در این رویکرد را مد نظر قرار دهند. مصرف بهینه انرژی با عواملی چون استفاده روندهای کم مصرف تولیدی، استفاده از طراحی‌های چندکاربردی، پیروی شکل از عملکرد و استفاده از انرژی‌های در دسترس محلی مثل نور خورشید و باد و زیست توده امکان‌پذیر است، همچنین مصرف بهینه مواد با استفاده از شیمی طبیعت‌دوست و مواد هماهنگ و پاسخگو در محل قابل دستیابی است. نهایتاً رعایت اصول ذکر شده منجر به ساخت با هماهنگی بیشتر با طبیعت می‌شود که آسیب کمتری به محیط زیست می‌زنند و می‌توانند آینده روشن‌تری را برای انسان رقم بزنند.

راهکارها

طراحی ساختمان‌ها با رویکرد زیست‌تقلیدی گامی در طراحی پایدار
اصول تاثیرگذار در طراحی ساختمان‌ها با رویکرد زیست‌تقلیدی: مصرف بهینه مواد و انرژی
مصرف بهینه انرژی با استفاده از انرژیهای در دسترس، طراحی چندکاربردی، پیروی شکل از عملکرد، روندهای کم‌مصرف
مصرف بهینه مواد با استفاده از مواد هماهنگ و پاسخگو در محل و استفاده از شیمی طبیعت‌دوست



شکل ۵. تبیین اصول رویکرد زیست تقلیدی در قالب نمودار مفهومی (منبع: نگارندگان)

Figure 5. Explaining the principles of the Biomimicry approach in conceptual diagram. (Source: Authors)

منابع

- ادراکی، مریم؛ برنا، رضا؛ فتاحی، ابراهیم و مهدوی، مسعود (۱۳۹۹). بررسی تأثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری: مطالعه موردی شهر جلفا. فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی (۴)، ۱۲، ۱۸۰-۲۰۲.
- اسدی، رخساره و عباسی، حسن (۱۳۸۷). بررسی روستای تاریخی میمند از نظر جاذبه‌های گردشگری. فضای جغرافیایی، شماره ۲۱، ۱-۲۴.
- اشرفی، مهناز (۱۴۰۰). طراحی معماری در محوطه میراث روستایی بررسی موردی: طراحی‌های انجام شده در روستای تاریخی میمند. نامه معماری و شهرسازی، شماره ۳۲، ۵-۲۹.
- اکبری، شهریار (۲۰۱۹). نقش مصالح هوشمند در طراحی پوسته‌های پاسخده اقلیمی ساختمانی، چهارمین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات کاربردی در علوم و مهندسی انیستیتو مهندسی و تکنولوژی لندن، دانشگاه بروکسل.
- تجاره، سارا سادات؛ حبیب، فرح و کامران کسمایی، حدیثه (۱۴۰۱). تدوین مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی جهت بهبود اکولوژی شهری مطالعه موردی: اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری (۱)، ۳۰، ۱-۱۸.
- تجاره، سارا سادات؛ حبیب، فرح و کامران کسمایی، حدیثه (۱۴۰۱). ارزیابی شاخص‌های کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست‌تقلیدی (مطالعه موردی: روستای کندوان). گفت‌وگوهای طراحی شهری، ۳(۴)، ۱۸-۲۷.
- حسین زاده، سید رضا؛ خسروی بیگی، رضا؛ ایستگلدی، مصطفی و شمس‌الدینی، رضا. (۱۳۹۰). ارزیابی پایداری زیست محیطی در نواحی شهری با استفاده از فن تصمیم‌گیری چند معیاره تخصیص خطی (مطالعه موردی: شهر بندر ترکمن). مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۶(۶)، ۵۱-۳۱.
- حناچی، پیروز و مهران، مهرداد (۱۳۸۶). سیاست‌ها، الگوها و نمونه‌های احیا در بافت روستای میمند. هنرهای زیبا، شماره ۳۰، ۶۳-۶۲.
- خاکسار، امیر رضا و مرادی نسب، حسین (۱۴۰۰). تطابق اقلیمی معماری دستکند روستای میمند با فصل گرم سال. نقش جهان، سال یازدهم شماره ۱، ۸۴-۹۳.
- ذال، محمدحسین (۱۳۹۵). واکاوی ظرفیت‌های توسعه گردشگری میراث فرهنگی در روستای باستانی میمند. جغرافیا (انجمن جغرافیایی ایران)، ۴۹، ۱۳۳-۱۵۲.
- رزازی، سمیرا و مظفری، فاطمه (۱۳۹۷). پوسته‌های سازگار و انطباق‌پذیر ساختمان با الگوپذیری از گیاهان در طبیعت. فصلنامه علمی - تخصصی معماری سبز، ۴(۱۱)، ۱-۲۰.
- عطایی همدانی، محمدرضا؛ نیک‌نفس، امیر و مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۳۹۲). همگونی کالبدی زیستگاه‌ها فارغ از ارتباطات قومی (بررسی تطبیقی کالبدی روستای میمند کرمان و مساوردی کلرادو). معماری و شهرسازی آرمانشهر، شماره ۱۱، ۱۱۱-۱۲۶.

گراپر، پترا. ترجمه زارع، محمد و فلاح‌صادق (۱۳۹۴). *معماری بیونیک الگوهای زیستی در معماری*. جهاد دانشگاهی استان زنجان.

گلابچی، محمود و خرسند نیکو، مرتضی (۱۳۹۳). *معماری بایونیک*، انتشارات دانشگاه تهران.

لباف خانیکی، میثم (۱۳۹۵). سیر تحول منظر فرهنگی میمند کرمان با تکیه بر مطالعات تاریخی و یافته‌های باستان‌شناختی. *مطالعات باستان‌شناسی*، ۸(۲)، ۱۱۱-۱۳۰.

یظه‌ری کرمانی، علی و امینی گوهرریزی، سحر (۱۴۰۱). تحلیل پیکره‌بندی فضایی، معماری دستکند ایران، با نگاهی به معماری روستاهای کندوان و میمند با استفاده از تکنیک نحو فضا. *صفه*، ۳۲(۱)، ۷۱-۸۴.

References

- Akbari, S. (2019). The role of smart materials in the design of climate-responsive building envelopes, Fourth International Conference on Applied Research in Science and Engineering, Institute of Engineering and Technology of London. 19 October 2019, University of Brussels, Belgium. 1-14 (In Persian).
- Al-Obaidi, K. M., Muhammad Azzam I., Hazreena H., Abdul Malik, Abdul Rahmanc. (2017), Biomimetic building skins: An adaptive approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79: 1472–1491.
- Asadi, Rokhsare, Abbasi, Hassan. (2008), Survey of the historical village of Maymand in terms of tourist attractions, *Geogeographical Space Journal*, No. 21, 1-24.
- Ashrafi, Mahnaz, (2021), architectural design in the rural heritage area, a case study: designs carried out in the historical village of Maimand, *Journal of Architecture and Urban Development*, No. 32, 5-29 (In Persian).
- AskNature Team. (2018, May 4). *Flectofin hingeless louver system*. Retrieved 2019 May. 20, from <https://asknature.org/idea/flectofin-hingeless-louver-system/#.Xm3IsqhKiUk>
- Atai Hamdani, Mohammad Reza, Nik Nafs, Amir, Mofidi Shemirani, Seyed Majid, (2019), physical homogeneity of habitats regardless of ethnic connections (comparative physical examination of Meimand village in Kerman and Masavari Colorado, *Armanshahr Architecture and Urbanization Journal*, No. 11, 111- 126 (In Persian).
- Badarnah L., (2017), Form Follows Environment: Biomimetic Approaches to Building Envelope Design for Environmental Adaptation, *Buildings, Special Issue "Biomimetics in Sustainable Architectural and Urban Design"*, 7(2), 40,1-16
- Baumeister, D. (2014). *Biomimicry resource handbook*. Missoula, MT USA: CreateSpace Independent Publishing Platform. 7,8,23.
- Benyus, J. M. (2002). *Innovation inspired by nature: Biomimicry*. New York: Harper Perennial. 1,7.

- Brownell, B. (2015, July 27). *Arachnid Architecture as Human Shelter*. Retrieved 2019, Dec. 16, from https://www.architectmagazine.com/technology/arachnid-architecture-as-human-shelter_o
- EcologicalStudio. (2018). *The System*. Retrieved 2020, Apr. 26, from <https://www.photosynthetica.co.uk/system>
- Edraki, M., Borna, R., Fattahi, I., Mahdavi, M. (2020). Investigating the effect of climatic elements on urban architecture: A case study of Julfa city. *Journal of New Attitudes in Human Geography*, 12 (4), 180-202. (In Persian)
- Golabchi, M., Khorsand Niko, M., (2014). *Bionic Architecture*, Tehran: University of Tehran Press. 55,59-63,105,179 (In Persian).
- Gruber, P. (2015). *Bionic architecture Biomorphs in architecture*. Translated by Zare, M., Falahat, S., Zanjani: University Jihad of Zanzan Province. 145-155, 290-292 (In Persian).
- Hanachi, P. & Mehran, M. (2008). policies, patterns and examples of revival in the context of Meimand village, *Fine Arts Magazine*, No. 30, 63-62. (In Persian).
- Hosseinzadeh, R., Khosravi Beigi, R., Eastgoldi, M., Shams Al-Dini, R. (2011). Evaluation of environmental sustainability in urban areas using multi-criteria linear allocation decision making technique (Case study: Bandar-e-Turkmen city). *Human Settlement Planning Studies* 6 (16), 31-51(In Persian).
- Keane, K. (2017, Apr. 12). Larvae Silk-Inspired Pavilion Constructed by Robots and Drones. Retrieved 2019, Dec. 15, from https://www.architectmagazine.com/technology/larvae-silk-inspired-pavilion-constructed-by-robots-and-drones_o
- Khaksar, Amir Reza & Moradi Nasab, Hossein, (2021). Climatic Adaptation of Dastkand Architecture of Maimand Village to the Hot Season, *Naqsh Jahan Publication*, Year 11, Number 1, 84-93 (In Persian).
- Khodabakhshian, M. (2016), Comparative study on cliff dwelling earth-shelter architecture in Iran, *Procedia Engineering* 165 (2016), 649 – 657
- Kim Sung (2012, Oct 25). *Metal that breathes*. Retrieved 2019, Dec. 21, from <https://www.archdaily.com/293386/tedx-metal-that-breathes-doris-kim-sung>
- Labaf-Khaniki, M (2017). The evolution of the cultural landscape of Maymand Kerman based on historical studies and archaeological findings, *Archaeological Studies*, Vol 8, issue 2, 111-130 (in Persian).
- Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature - Biomimetic principles for innovative design*, California: CRC Press.12,29,72.
- Razazi, S. & Mozaffari, F. (2018). Compatible and adaptable building shells with the patterning of plants in nature, *Green Architecture Scientific Quarterly* No. 11, 1-20. (In Persian)
- Tejareh, S.; Habib, F. & Kamran Kasmaei, H. (2023). Evaluation of the Qualitative Indicators of Building Envelope with Biomimicry Approach (Case Study of Kandavan Village). *URBAN DESIGN DISCOURSE*, 3(4), 18-27 (In Persian).

- Tejareh, S.; Habib, F, & Kamran Kasmaei, H. (2023). Development of a conceptual model for the qualitative assessment of building envelope with a Biomimicry approach to improve urban ecology, case study: Barin Eski Shemiranat residence. Scientific Quarterly Journal of Urban Ecology Research ,30(1), 1-18. (In Persian).
- The VELUX Group (2013, Aug, 15). *Michael Pawlyn - Biomimicry in architectural design*. Retrieved 2018, Dec. 21, from <https://www.youtube.com/watch?v=wdoriWPaaDI>
- Unesco. (2015), Cultural landscape of Meymand, Retrieved 2020, Dec. 16, from
- University of Stuttgart (2016). *ICD/ITKE Research Pavilion 2015-16* [Projects]. Retrieved 2019, Dec. 11, from <https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/icditke-research-pavilion-2015-16/>
- Walsh N. P. (2018, Nov. 09). Eco-Logic Studio's Bio-Digital Curtain Fights Climate Change by Filtering Air and Creating Bioplastic. Retrieved 2019, Dec. 12, from <https://www.archdaily.com/905595/ecologicstudios-bio-digital-curtain-fights-climate-change-by-filtering-air-and-creating-bioplastic>
- Yazhari Kermani A. & Amini Goharrizi S. (2022). Analysis of spatial configuration, Dastkand architecture of Iran, with a look at the architecture of Kandavan and Maimand villages using the space syntax technique, Safeh, Vol. 32, no. 96, pp. 71-84. (In Persian).
- Zal, M. (2015). Analyzing the development capacities of cultural heritage tourism in the ancient village of Maimand, *Geografia publication (Geographic Association of Iran)*, 49, 133-152 (In Persian).

**Rereading the principles of optimizing the morphologic properties of building envelopes
with Biomimicry approach
(Case study: Maymand village)**

Sarasadat Tejareh*

Instructor Department of Industrial design, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,
Iran.

Farah Habib

Professor, Department of Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran.

Hadiseh Kamran Kasmaei

Associate Professor, Department of Environmental Planning and Education, Faculty of Environment,
University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Biomimicry is one of the new approaches of the late twentieth century that has been considered by many architects in the field of sustainability. According to studies conducted in this study, it was found that Iranians in their first settlements observed the principles of this approach in their houses, to some extent. They have built settlements with several hundred years of stability, which has diminished in today's architecture.

Materials and Methods: The research method was in-depth analysis and text content and data were collected from existing studies and libraries. After extracting the principles from the point of view of professionals and comparing them with each other, 20 building envelopes were examined with Biomimicry approach and the relevant principles were examined in them. Then these principles were examined in the settlements' envelopes of Maymand village located in Kerman province in Iran, which shows a high level of harmony of the environment with settlements.

Results and Discussion According to the principles of Biomimicry approach that was extracted from the theories presented by professionals in this field and testing those principles in the first Iranian settlements, the intelligence of the builders of such complexes, is clear, which unfortunately these principles have been forgotten today.

Conclusion The most recent designs made with the Biomimicry approach report that they react to their environments similar to organisms to their natural ecosystem, and their perfect interactions create a sustainable circulation of energy and materials. In the future, mankind is looking for ways to reach envelopes that can become an integral part of the system and play a role in the ecosystem like living organisms which can be somehow self-organized.

Designing buildings with a Biomimicry approach is a step in sustainable design effective principles in the design of buildings with a Biomimicry approach are optimal consumption of material and energy. To reach this goal optimum energy consumption is accessible by using available energy, multi-functional design, following form and function, low consumption processes. Optimum consumption of materials by using coordinated and responsive materials on site and using nature-friendly chemistry is accessible. Considering mentioned principles could be an effective step in designing efficient building envelopes in the field of energy efficiency and sustainable buildings, these principles were found in Maymand village as a reason of its sustainability.

.Keywords: Maymand, Construction envelopes, Biomimicry approach, Principles of optimizing the morphologic properties of building envelopes

*(Corresponding Author) tabibian@ut.ac.ir