فرهنگ و زیست فناوری معماری

نشریه علمی فرهنگ و زیست‌فناوری معماری

تابستان ۱۴۰۱، سال ۲، پیاپی ۵

تدوین چارچوب مفهومی ارزیابی پایداری زیست‌الهام در معماری بیومیمتیک با سیستم DGNB

زمان دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۲/۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۵/۱۷

الهام ضابطیان- دکتر در معماری، پژوهشکده نظر و عضو مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.

مهدی خان سفید- استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم و مهندسی، دانشگاه تهران.

امید احدیان[1]- دکتری شهرسازی و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه پلی تکنیک، میلان، ایتالیا.

چکیده

با توجه به چالش‌های عظیم تأثیرات ناشی از رشد اقتصادی در سطح جهانی، توسعه هدفمند نوآوری پایدار، مسئولیت اجتماعی اجتناب‌ناپذیری است. با این حال، با وجود برخی پیشرفت‌ها، پایداری هنوز در توسعه تولید در مقیاس وسیع قرار نگرفته است. اگر چه به نظر می‌رسد نوآوری‌های الهام گرفته از بیولوژی راه‌حل‌هایی را ارائه می‌دهند، انتقال پایداری از طریق فرآیند زیست‌الهام تنها به صورت ضمنی انجام می‌شود و امکان تحقق وعده زیست‌الهام تنها به صورت سنتی شناخته می‌شود. با توجه به این وضعیت، مفهوم پایداری با الگوی زیستی، با درنظرگرفتن پایداری زیست الهام و محیطی تعیین می‌شود و به وسیله ایجاد یک روش ارزیابی یکپارچه، بنیادین می شود. این مفهوم، پیوند فعلی ارزیابی پایداری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده پایداری در ساخت و ساز و جنبه های پایداری در سیستم‌های بیولوژیکی است. ساختار ارزیابی پایه از سیستم‌های بیولوژیکی حاصل می شود که توابع لازم را از طریق استفاده بهینه از منابع کمیاب ارائه می دهند. کاربرد آن فرآیند توسعه کامل نوآوری های زیست الهام را پوشش می‌دهد، بازخورد و بنابراین حمایت از تصمیم‌گیری با تمرکز بر پایداری را فراهم می‌کند. روش تحقیق استدلال منطقی و تحلیل محتوا است که ابزار تکنیکی مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی دارد. همچنین ساختار ارزیابی اساسی این تحقیق سیستم DGNB است که به دنبال اصل حفاظت از مناطق است که ارزش‌های اجتماعی و فرهنگی طبیعی را تشکیل می‌دهند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که انتقال پایداری زیست‌الهام‌بخش توسط انتقال هدفمند و وعده زیست‌الهام برای ایجاد نوآوری های پایدار و الهام بخش زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. همانطور که انتظار می‌رود که خود روش ارزیابی زیست الهام باشد، بر اساس ویژگی‌های سیستم‌های بیولوژیکی مانند اثربخشی، تطبیقی، چند عملکردی و انعطاف‌پذیری ساخته می‌شود.

واژگان کلیدی: زیست الهام، معماری بیونیک، بیومیمتیک.

[1] مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۲۲۵۸۶۵۸۶-۳۵+، رایانامه: ahadian.omid867@yahoo.com

۱- مقدمه و بیان مساله

از زمانی که اولین تمدن بشری به وجود آمده است، انسان تلاش کرده است تا محیط اطراف خود را طبق نیازهای خود موضوع‌بندی کند. تا زمانی که متابولیسم اجتماعی به‌طور عمده بر اساس منابع بیوژنیک و جمعیت انسانی باقی مانده باشد، اثرات زیست محیطی عمدتاً به صورت محلی یا منطقه‌ای بوده و تنها به ندرت بر عملکرد اکوسیستم تاثیر می‌گذارد ک هارتباطی تنگاتنگ با معماری بیونیک[۱] دارد. از زمان انقلاب صنعتی و پیروزی اقتصاد بازار جهانی که به دنبال آن بود، این تأثیرات به شدت افزایش یافته است. فعالیت‌های انسانی در حال حاضر با عملکردهای اکوسیستم جهانی تا اندازه ای که در مقیاس جغرافیایی قابل مشاهده است، منجر به عصر جدیدی می شود که عمدتا تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی با عنوان آنتروپوسن قرار گرفته است (Cruzen، ۲۰۰۲). اگرچه پیامدهای تاثیرات انسانی بر روی خاک، آب، جو، به‌ویژه و اکوسیستم‌ها به‌طور کلی نمی‌تواند دقیقا پیش‌بینی شود، فعالیت‌های در حال انجام و در حال افزایش نوع بشر برای رفع نیازهای اولیه زندگی خطرناک است. برای محدود کردن این خطرات و تسهیل شرایط مناسب برای نسل‌های آینده، پارادایم پایداری توسعه یافته است. هدف آن تعادل جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی فعالیت های انسانی بدون تضعیف کیفیت محیط اطراف است. پیاده سازی آن به‌طور مستقیم توسط سازمان ملل متحد در دستور کار خود قرار گرفته است، اهداف اکتشافی پایدار را در پیش گرفته و متعهد شده تا آن‌ها را تا سال ۲۰۳۰ به اجرا درآورد (سازمان ملل ۲۰۱۵). با این حال، در توجه به رشد مداوم و بدون محدودیت جمعیت و اقتصاد، فعالیت‌های انسانی هنوز هم به شدت با تقاضای فزاینده منابع و از بین بردن محیط زیست ارتباط دارد. در نتیجه، توسعه سیستم‌هایی که با اهداف توسعه پایدار موافق هستند، یک ضرورت فوری است[۲].

۲- روش‌شناسی و پیشینه تحقیق

روش تحقیق «استدلال منطقی» و «تحلیل محتوا» است که ابزار تکنیکی مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی دارد. سیستم‌های زیست الهام وعده داده اند که برخی از این راه‌حل‌ها را ارائه دهند. همچنین ساختار ارزیابی اساسی این تحقیق سیستم DGNB است که به دنبال اصل حفاظت از مناطق است که ارزش‌های اجتماعی و فرهنگی طبیعی را تشکیل می‌دهند. برای هر شاخص، الزامات مربوط به

---

[۱] علم بیونیک در واقع دانشی است که مسائل فنی را از راه‌های زیستی حل می‌کند و در لغت‌نامه به‌معنای «زیستارشناختی» یا به‌کارگیری اندام‌های ساختگی طبیعت است که برای اولین‌بار در سال ۱۹۵۹ توسط دانشمند آمریکایی به نام جک‌ای.استیل به‌کار برده شده است. وی بیونیک را علم سیستم‌هایی که شالوده و پایه تمامی سیستم‌های زنده است یا خصوصیت‌های سیستم زنده را دارند یا به سیستم‌های زنده شباهت دارند معرفی کرد. در واقع معماری بیونیک با نگاهی احترام‌آمیز به طبیعت و مظاهر آن، سعی دارد تا از قواعد و فرم‌های طبیعی که طی هزاران سال شکل گرفته و به‌صورت پایداری تولید می‌شوند، برای ایجاد سرپناه استفاده کند.

[۲] در گذشته، زبانی عمومی بین محیط ساختمانی وجود داشت. معماران، مهندسان، طراحان و جامعه درک می‌کردند که ساختمان‌ها نوعی سرپناه هستند و باعث انفصال فیزیکی افراد از محیط می شود. همانطور که زمان گذشت، دنیا با شیوه های مختلف معماری آشنا شد. همزمان کلمه معماری و کلمه ساختمان، آرام آرام دو مفهوم متفاوت گرفتند.

قوانین محاسبه، کیفیت داده‌ها و اسناد در یک پروفایل مشخص شده است. مقدار محاسبه شده با یک مقدار مرجع که توسط یک ساختمان مرجع داده شده است، مقایسه می شود و اگر کیفیت سطوح تعیین شده از آن عبور شود، امتیاز ارائه می‌شود. سپس امتیازات داده شده در یک فرآیند دو مرحله‌ای برای تحلیل کلی عملکرد ساختمان مطابق با کلید وزن‌بندی مورد بررسی قرار می‌گیرند (Ebert و همکاران، ۲۰۱۰). یادگیری از طبیعت با امید به یادگیری از راه‌حل‌های بیولوژیکی که به نظر می‌رسد به لحاظ تکامل بهینه، سازگار با محیط‌زیست و کم خطر هستند، مرتبط است. «وون گلیچ»[1] اصطلاح «وعده بیومیمتیک» را تعریف کرد، به این معنا که به‌دلیل جریان الهامبخش و انتقال دانش از طبیعت به محصولات فنی، راه‌حل‌های بیومیمتیک دارای پتانسیل ذاتی برای کمک به توسعه تکنولوژیکی پایدار هستند (von Gleich و همکاران، ۲۰۰۷). گرچه این توسط گلیچ به‌عنوان محتوای قابل توجهی از عناصر بیومیمتیک شناخته شده است، اما در سطح عمومی ارزیابی نشده است. علاوه بر این، ما باید مشخص کنیم که آیا طبیعت زنده جنبه‌هایی را فراهم می‌کند که به طور صریح به نوآوری‌های فنی زیست الهام منتقل شود تا آن‌ها را پایدارتر سازد. به دنبال این سوال دیگری می‌آید که آیا روش‌های ارزیابی پایداری می‌تواند توسط سیستم‌های بیولوژیک به عنوان «مولدهای معماری» بهبود بیابد.

۳- ادبیات تحقیق

۳-۱ الهام از زیست‌شناسی (بیومیمتیک)

«بیومیمیکری» (شامل «بیو» به‌معنای «زندگی» و «میمِسیس» به معنای «تقلید») حوزه جدیدی است که به مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت و تقلید از این طرح‌ها و فرآیندها به حل مشکلات انسان می‌پردازد. رویکردی که نسبت به فرآیندهای طراحی داریم این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. با این کار، این نوع فرآیندهای رفتاری را به راه‌حل‌های طراحی مصنوع تبدیل می‌کنند. بیومیمیکری را می‌توان ترکیبی از زیست‌شناسی، طبیعت و معماری درنظر گرفت. هر دو زیست‌الگوسازی و زیست‌تقلید، علوم جدیدی هستند که مواد را در طبیعت مشاهده می‌کنند و سپس هدف ایجاد راه‌حل‌هایی برای انسان‌ها با تقلید از این طرح‌ها یا با الهام گرفتن از آن‌ها هستند[2](محمودی‌نژاد و گلابچی: الف، ۱۳۹۸، ص ۲۹). برای بهبود خوانایی، از اصطلاحات «الهام گرفته از زیست‌شناسی»، «زیست‌الهام»، «الهامبخش زیستی- منطقی» و «الهام‌بخش زیستی» برای همه نوآوری‌هایی که از یک الگوی بیولوژیکی الهام گرفته‌اند که مستقیماً

---

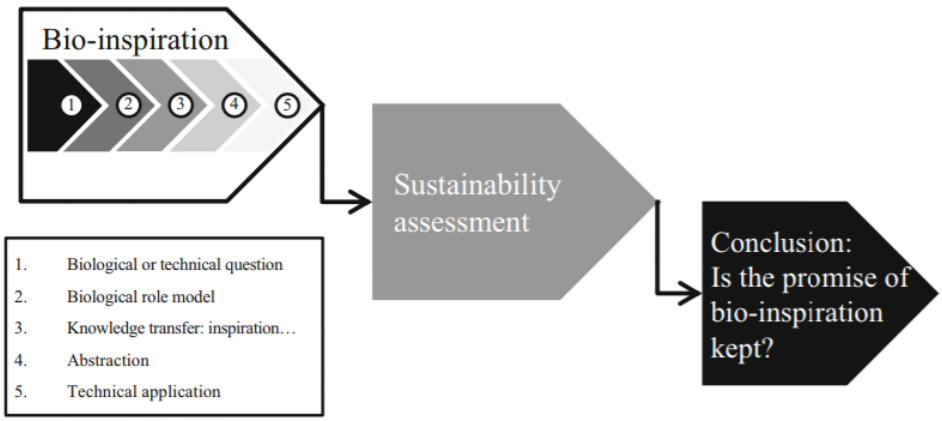
[1] von Gleich

[2] کتاب استیون وگلس با نام «پنجه گربه‌ها و منجنیق‌ها» به معرفی بعضی بحث‌های منفی نسبت به بیومیمیکری می‌پردازد. او این مبحث را «بیومیمیکری ساده لوح» می‌نامد. درواقع او دانشمندان و مخترعانی را ساده لوح می‌داند که دقیقا از همان تکنولوژی‌ای استفاده می‌کنند که در طبیعت می‌یابند و بدون هرگونه اصلاحی، آن را به خدمت انسان می‌گیرند. با اجرای طرح‌ها به این شکل، بخش عمده‌ای از طرح‌ها ناموفق بوده‌اند. او در کتابش به چند نمونه خوب اشاره می‌کند که حرف هایش را تأیید می‌کنند.

در تولید تکنولوژی دخالت نمی‌کند، استفاده می‌شود. اگر اصطلاحات استفاده از «بیومیمتیک» یا «بیومیمتیکس» استفاده شود، باید اشاره شود که در این موارد، با توجه به تعاریف «بیومیمتیکز VDI» پیشرفت حاصل شده و انتقال دانش از الهام‌بخشی و اصل کاربردی صورت گرفته است (Speck و همکاران ۲۰۱۶). در چارچوب CRC-Transregio ۱۴۱، تمام سه هدف مشخص شده در بالا در یک پروژه اختصاصی در همکاری نزدیک با زیرپروژه‌های دیگر تعبیه شده است. هدف آن توسعه یک مفهوم پایداری بیولوژیک شامل مدلی برای ارزیابی پتانسیل پایداری سیستم‌های زیست‌الهام است. بنابراین، ارزیابی‌های گذشته که در حال حاضر مورد استفاده هستند، به سمت یک ارزیابی پیشین، همراه با توسعه سیستم‌های زیست الهام و در نتیجه، حمایت فعالانه از دستیابی به راه‌حل‌های زیست الهام و پایدار در فرآیند توسعه پیشرفت خواهند کرد. مطالعات موردی آینده با نمونه‌هایی از کاربرد و ارزیابی روبرو خواهد شد. برای تسهیل این امر، یک چارچوب ارزیابی اساسی توسعه خواهد یافت که نیاز به تعریف ویژگی‌های مورد نظر سیستم‌های ارزیابی در حوزه کاربردی، ازجمله شناسایی اهداف دارد. همانطور که ادعا می‌شود که مفاهیم زیست‌الهام و پایداری سازگار هستند، قابلیت همکاری و اختلاف آن‌ها باید شناسایی شود. ارزیابی پایداری سیستم‌های فنی طرح‌های ارزیابی جامع متعددی، به‌ویژه در بخش ساخت و ساز ارائه می‌دهد. همانطور که پایداری یک مفهوم انسانی از طبیعت اهلی شده است، می‌توانیم تعیین کنیم که چه میزان سیستم‌های بیولوژیکی قادر به تولید ژنراتورهای مفهومی برای نوآوری‌های پایدار زیست‌محیطی و ارزیابی پایداری بیولوژیک هستند. بنابراین مفهوم ارزیابی مبتنی بر بررسی سیستم فنی ضمنی، از طریق ادغام جنبه‌های پایداری داده شده توسط سیستم‌های بیولوژیکی تکمیل می‌شود. این کار به عنوان مبنایی برای توصیف خواص سیستم موردنظر، حداقل از لحاظ اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، و همچنین با توجه به قابلیت، انجام می‌شود. در زیر چارچوب مفهومی بر اساس عملکردهای ارزیابی پایداری فعلی ارائه شده است که نشان‌دهنده پایداری در ساخت و ساز و جنبه‌های پایداری در سیستم‌های بیولوژیکی است؛ علاوه بر این، قوانین برای تکامل ساختار ارزیابی مشخص شده است.

۳-۲ پایداری سیستم‌های بیولوژیکی و فنی

برای تسهیل مدل ارزیابی پایداری مشترک، شامل «سیستم‌های بیولوژیک و هنری»، دو پارادایم در رابطه با قابلیت همکاری آن ها به منظور نتیجه‌گیری در یک رویکرد ساختاری ارزیابی می‌شود. بنابراین، پیشینه تاریخی و حالت هنری در مورد پایداری در رویکرد ساختاری برای شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف و ناسازگاری‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. این ارزیابی سپس توسط عناصری که می‌تواند از الگوریتم‌های مفهومی بیولوژیکی به ارزیابی پایداری منتقل شود، تکمیل می‌شود.



نمودار ۱. فرآیند ریست الهام در بیومیمتک معماری؛ ماخذ: Leach, 2010

۳-۳ پایداری سیستم‌های فنی

قبل از کشف منابع فسیلی، انقلابی در سیستم تامین انرژی بشر رخ داد، انسان‌ها به عنوان منبع اصلی انرژی و مواد ساختمانی وابسته به چوب بودند. در ابتدای انقلاب صنعتی در قرن هجدهم، اختراع موتور بخار، به مقادیر زیاد چوب آتشی نیاز داشت که قابل قبول نبود (Grober ۲۰۱۳). برای محدود کردن تهدید به کاهش مناطق جنگلی، یک روش جنگلداری فعال، بر اساس پیش فرض استفاده مداوم (Carlowitz ۱۷۱۳) توسعه یافت. تمرین جنگل‌داری، که بعدها به عنوان پایداری تعریف شده بود، از طبیعت زنده با توجه به حفظ تعادل طبیعی الهام گرفته شد. این امر اساساً تلاش برای تقلید از شرایط ظاهری پایدار جنگل‌های دست‌نخورده بود که توسط ایده پایدار کردن استفاده، از انسان شناسی تقویت شده بود. هنگامی که در قرن بیستم مجدداً کشف شد، پارادایم پایداری هنوز بر پایه یک مفهوم حفاظت قرار داشت. ارجاع آن به اصل بقای حفاظت از طبیعت برمی‌گردد، گرچه فرضیه تعادل طبیعت حتی در جامعه علمی نیز غیرقابل انکار بود (Leach و همکاران، ۲۰۱۰). درحالی‌که از طریق همراهی با مشکلات ناشی از رشد اقتصادی مرتبط شد، مفهوم پارادایمی به عدالت اجتماعی افزوده شد و به سمت اصل انسان شناسی منتقل شد. این اصول عدالت انسانی و حفظ طبیعت به‌نظر می‌رسد که به عنوان آنتاگونیست عمل می کنند و توسط پارادایم رشد اقتصادی پیچیده‌تر می‌شوند (Atkinson و همکاران ۲۰۰۷). رویکردهای متعددی برای رسیدگی و تسهیل پایداری ایجاد شده است، اما تحولات اجتماعی اخیر در مقیاس جهانی به سمت توسعه ناپایدار در جریان، پیش می‌رود (Moore، ۲۰۱۱). گرچه پارادایم پایداری و اتوپیای پشت آن‌ها از زمان کنفرانس سازمان ملل در ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۰ به رسمیت شناخته شده است، انتقال از تئوری به عمل اغلب از دست رفته است. یکی از موانع اصلی اجرای پایداری در اقدامات خاص، در ابهام سازنده ای است که برای تسهیل توسعه یک تعریف عمومی پذیرفته شده ضروری است (Moore ۲۰۱۱). این امر شامل این واقعیت است که اهداف اغلب در پایگاه عملیاتی متضاد هستند. این اهداف

به عنوان سه ستون یا حلقه های پایداری شناخته شده‌اند و شامل اثرات زیست‌محیطی، پذیرش اجتماعی و پایداری اقتصادی می شوند. با توجه به جامعه امروز و تکنولوژی‌های اخیر، یک راه حل پایدار بدون پذیرش یک تجارت امکان پذیر نیست (Robinson، ۲۰۰۴). به منظور رفع فقدان توصیه‌های بنیادین و راهپیمایی در جهت توسعه غیر قابل تحمل، تلاش های زیادی برای تفسیر پایداری و اجرای پارادایم انجام شده است (Pesqueux ۲۰۰۹). این تفسیر نه تنها به ارزیابی پایداری کیفی سیستم‌ها می‌پردازد، بلکه راهنمایی‌ها را در مقیاس عمومی‌تر ارائه می‌دهد.

جدول ۱. معیارهای طراحی با طبیعت در معماری سکونتگاهی؛ ماخذ: میرحسینی و دیگران، ۱۳۹۹، ص ۵۷۴.

ردیف	متخصص	معیارهای حیات	دیدگاه
۱	کمپبل (زیست‌شناس) (کمپبل و مارکل[1]، ۲۰۰۰)	نظم، تکثیر، رشد و توسعه، مصرف انرژی، احساس‌کردن، واکنش نشان‌دادن، هموستازی، توسعهٔ تکاملی	تجربه‌گرایانه (معتقد به ماده)
۲	شرودینگر (فیزیک‌دان) (شرودینگر و دیگران، ۱۳۸۰)	نظم، یک‌پارچگی، تراز سلسله‌مراتبی، پیدایش، آنتروپی پایین، خودسازمان‌دهی (خودپایداری، خودترمیمی، خودسازی)، محدودشدن به زمان و مکان	
۳	لینچ (شهرساز) (۱۳۸۱)	معنی، تناسب، دسترسی، نظارت و اختیار، کارایی، عدالت	
۴	الکساندر (شهرساز) (۱۳۹۲الف)	فضای خالی، فضای معین، تقارن موضعی، سادگی و آرامش درونی، تکرار متناوب، انسجام و ابهام عمیق، سلسله‌مراتب، مقیاس‌های مختلف، مراکز نیرومند، جدایی‌ناپذیری، مرزها، ناهمگونی، پژواک، تضاد، شکل خوب	
۵	دُکزی[2] (شهرساز) (۲۰۰۵)	فرانیرو، حد نیرو، مشارکت، نظم (هارمونی، ریتم، سلسله‌مراتب)، آزادی	
۶	اُتو[3] (معمار) (اُتو و همکاران، ۱۹۸۵)	خودسازمان‌دهی، سازگاری، الگوهای اصیل پیدایش، وابستگی به مقیاس، گرایش به کمینه‌سازی مصرف انرژی، ثبات ظاهری اما پویایی دائمی	
۷	گروبر (معمار) (۲۰۱۱)	گشودگی، خودسازمان‌دهی، محدودیت، پردازش اطلاعات، نظم، تکثیر، رشد، پردازش انرژی، واکنش، هموستازی و متابولیسم، تکامل و انتخاب طبیعی	
۸	مازولنی (معمار) (۲۰۱۳)	چرخه انرژی و ماده، تکثیر، تطبیق‌پذیری، تکامل، واکنش، هموستازی، پویایی	
۹	فخر طباطبایی (بوم‌شناس) (۱۳۷۵)	متابولیسم (تغذیه، رشد، تکثیر، سازش)، آنتروپی منفی، مقصودمندی، سلسله‌مراتب، تعالی، پیچیدگی، انرژی، تداوم و تکرار، سودمندی، کارایی، تکامل، انتخاب طبیعی	تفسیرگرایانه (معتقد به معنا)
۱۰	ارسطو (فیلسوف) (نصر، ۱۳۸۴)	حرکت، توانایی بازتولید، رشد، تحول بالقوه	
۱۱	جوادی آملی (اهل دین) (۱۳۷۸)	روح، احساس، رشد، و نمو	
۱۲	تقوایی (شهرساز)	روح، وحدت در کثرت، پایداری، ادراک، ایمان، آرامش و امنیت، سودمندی، آزادی	
۱۳	پورجعفر (شهرساز)	تکثیر، نظم، توازن و تعادل، تکرار و ریتم	
۱۴	نقی‌زاده (شهرساز و معمار) (۱۳۸۸: ۴۷۵ – ۴۹۸)	تعادل، پاکی، هماهنگی، معنویت، هویت، وحدت، امنیت، ذکر، حد و اندازه، آرامش، فقدان احساس غربت، ارتباط، معناداربودن، نورانیت، قانونمندی، عدم تسلط ماده بر انسان	
۱۵	انصاری (معمار)	مجموعیت، رشد، نظم، تکثیر، تعادل، تکرار و ریتم، پرهیز از بیهودگی	
۱۶	بمانیان (معمار)	تنوع، بدیع‌بودن، زمانمندی، مکانمندی، بهره‌مندی، هماهنگی با اقلیم،کارایی، معنا	

اگرچه هیچ تقسیم بندی سازگاری برای استراتژی‌های پایدار عمومی وجود ندارد، اما آن‌ها می‌توانند به سه رویکرد اساسی مرتبط شوند:

- سازگاری، و یا بهره‌وری اقتصادی، محبوب‌ترین استراتژی است که توسعه پایدار را با افزایش کارایی از نظر مواد و انرژی ارتقاء می‌دهد. اگر چه روش‌های مرتبط به طور صریح به اثربخشی سیستم های فنی محدود نمی شوند، اما آن‌ها عمدتاً بر افزایش بهره‌وری انرژی از راه‌حل‌های فناوری تمرکز می‌کنند (von Weizsäcker و همکاران، Schmidt-Bleek و Bierter، ۱۹۹۸).

- این استراتژی به‌طور مکرر اعمال می‌شود و عمیقاً در فرآیندهای توسعه فنی متمرکز است، اما دارای محدودیت‌های بالقوه متعددی است. یکی از این‌ها، اثرات احتمالی بازگشت است که شامل افزایش الگوهای مصرفی برای جبران سود حاصل از اثربخشی می‌شود.

۳-۴ استراتژی‌های زیست‌محیطی

استراتژی‌های مناسب بر این فرض استوار است و ادعا می‌کنند که جداسازی واقعی از رشد و اثرات زیست محیطی امکان‌پذیر نیست. با این حساب، این استراتژی‌ها، تغییر کلی در رفتار انسانی را پایه‌ریزی می‌کنند، زیرا از فرد انتظار می‌رود که برای مصرف براساس خود محدودیت و تمرکز بر موارد مربوط (Daly ۱۹۹۱) محدودیت تعیین کند. به‌جای تصویر بالقوه منفی و ممنوعیت استراتژی مناسب، مدل‌های سازگاری به دنبال انگیزه‌های مثبت هستند. بنابراین سازگاری به عنوان یک استراتژی سازگار با محیط زیست شناخته شده است که برای تلفیق کامل جنبه‌های زیست محیطی و اجتماعی با ملاحظات اقتصادی در تلاش است (Hawken و همکاران ۱۹۹۹؛ Braungart و McDonough، ۲۰۱۴). تفاوت سازگاری و کفایت نیز می‌تواند به‌عنوان پایداری ضعیف و قوی شناخته شود. درحالی‌که پایداری قوی، اکوسیستم و منابع طبیعی زمین را غیر قابل تعویض می‌داند و از این رو، این سرمایه به اصطلاح طبیعی را حفظ می‌کند، اما در پایداری ضعیف، کالاهای طبیعی و اجتماعی و اقتصادی به طور کامل قابل تعویض هستند (Dietz و Neumayer، ۲۰۰۷). این امر شامل مشکلات برجسته‌ای است به طوری که تا جایی تاثیرات انسان‌شناختی بر روی این اکوسیستم-ها دارد، تا از بین بروند و به ویژه پیامدهایی برای خدمات اکوسیستمی دارد که انسان به آن وابسته است. اگر چه پیشرفت‌های گسترده‌ای در مورد رفتار اکوسیستم در تحت تاثیر انسان انجام شده است، ما هنوز نمی‌دانیم که اکوسیستم‌ها دقیقا چگونه به اختلالات مرتبط با جهان و پویایی بالا واکنش نشان می‌دهند. همانطور که برای دیگر سیستم‌های بسیار نامطمئن پاسخ های تأثیر ضروری بر وجود انسان، ریسک خطرهای غیرقابل پیش‌بینی درنظرگرفته می‌شود. به منظور رسیدگی کافی به این مفهوم، مفهوم انعطاف پذیری به مفهوم پایداری مجهز است (Bloesch و همکاران، ۲۰۱۵). هر استراتژی که برای توسعه سیستم‌های پایدار انتخاب شود، ارزیابی راه‌حل‌ها از لحاظ سهم آن‌ها در پایداری، اساسی است. در مورد این سه رکن تنها برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، روش ارزیابی چرخه زندگی (LCA) غالب شده است (Kloppfer و Grahl، ۲۰۰۹). برای ارزیابی مفاهیم اقتصادی یا اجتماعی، چندین رویکرد در دسترس هستند اما تاکنون کامل نشده اند (Finkbeiner و همکاران، ۲۰۱۰). تمام روش‌های ارزیابی که امروزه استفاده می‌شوند بر اساس اصل پیشگیری از آسیب هستند و بنابراین تأثیر متقابل دارند. علاوه بر این، اکثر ارزیابی‌ها مبنی بر پایه ساده‌سازی سیستم‌های ایستا هستند و به وابستگی متقابل و طبیعت پویای سیستم‌های فنی، طبیعی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی توجه نمی‌کنند. به‌عنوان مثال از تعدادی از رویکردهای ارزیابی پایداری،

طرح‌های تأیید پایداری در بخش ساخت و ساز در قسمت زیر نشان داده شده است (برای رویکردهای بیشتر، نگاه کنید به Grießhammer و همکاران (۲۰۰۷)؛ Blok و همکاران (۲۰۱۳) یا UNEP / SETAC Life ابتکار عمل چرخه (۲۰۱۱). در چند دهه گذشته، نهادهای متعددی در مورد ساختمان های پایدار کار کرده اند و به طور سیستماتیک برای ارزیابی و بررسی پایداری ساختمان ها اقدام کرده اند. با شروع و با استفاده از سیستم گواهی بریتانیایی BREEAM (روش ارزیابی محیط زیستی موسسه تحقیقاتی ساختمان)، چندین سیستم صدور گواهینامه خاص در کشور ایجاد شده است. آن‌ها اساساً مبتنی بر سیستم های موجود هستند درحالی‌که استانداردهای ملی و شرایط ساختاری را در نظر می‌گیرند.

نمودار ۲. رهیافت‌های معماری بیونیک؛ ماخذ: روحی‌زاده و دیگران، ۱۳۹۷، ص ۶۳.

۳-۵ سیستم DGNB و الهام زیستی

بر اساس تجارب سیستم‌های قبلاً موجود و با توجه به پیشرفت‌های روش‌شناختی بیشتر در بخش ارزیابی پایداری، بعضی از سیستم‌ها مانند DGNB آلمان (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) اخیراً توسعه یافته و می‌توانند به عنوان سیستم نسل دوم درنظر گرفته-شوند. رویکرد آن‌ها بر مبنای تفکر چرخه حیات است و تمایل دارد تا تمامی زمینه های مرتبط با پایداری را مورد توجه قرار دهد. بنابراین، نه تنها جنبه‌های انرژی و زیست محیطی، بلکه شاخص های اجتماعی فرهنگی، فنی و اقتصادی نیز مورد توجه قرار می گیرند. علاوه بر این، سیستم امتیازدهی، عمل‌گرا نیست، اما در صورت امکان، ارزش‌های هدف کمی را براساس مدل‌های مبتنی بر دانش ارائه می‌دهد (Ebert و همکاران، ۲۰۱۰). سیستم DGNB نمونه‌ای از طرح های گواهینامه نسل دوم است. طرح‌های صدور گواهینامه درون بخش ساخت و ساز، ارزیابی پایداری جامع را تسهیل می‌کنند اما هزینه های زیادی را می پردازند و بنابراین هنوز در مقیاس وسیع قابل اجرا نیستند (Ebert و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، طرح‌ها بر روی ساختمان‌ها تمرکز می کنند

و به توسعه محصول پایدار اهمیت نمی‌دهند. اگر عملکرد یک محصول به شدت تحت‌تأثیر ساختار سلسله مراتبی سیستم اطراف آن قرار گیرد، همانطور که در ساخت و ساز محصولات و ساختمان‌ها است، این وابستگی به درون باید توسعه محصول در نظر گرفته شود. با وجود ساختار جامع آن، طرح‌های تأیید ساختمان، به‌طور مستقیم در هنگام نتیجه‌گیری برای ساخت محصولات بر اساس پایداری ساختمان (Wittstock ۲۰۱۲) مستقیماً اعمال نمی‌شود. همانطور که محصولات ساختمان، پایداری ساختمان را تشکیل می‌دهند، با این حال، سهم یک محصول را می توان با هدف بهینه‌سازی پایداری ساختمان‌ها که در آن ممکن است مورد استفاده قرار گیرد، بهبود بخشید. علاوه بر این، رویکرد تأثیر متمرکز بر مدل‌های ارزیابی پایداری، مبتنی بر همبستگی عملکردی است. این امر مکرراً به نظر می‌رسد با پیشرفت‌های عملکرد مخالف است، زیرا اغلب آن‌ها با افزایش تقاضای منابع همراه هستند (Jung و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از جنبه‌های کلیدی در تلاش برای پایداری، توسعه هدفمند محصولات با توجه به تأثیر چرخه زندگی آن‌ها بر جامعه و محیط زیست است. هنگامی که به ارزیابی پایداری همراه با توسعه محصول می‌رسیم، چندین جنبه مهم هستند. کاربرد در تمام مراحل توسعه، یک نیاز اساسی است که باید با اصل روش‌های ارزیابی علمی مواجه شود. در مفاهیم قبلی، ارزیابی یا روی سطح دستورالعمل طراحی تمرکز دارد (Crul و Diehl (۲۰۰۷)؛(۲۰۰۹) یا Pedersen Zari (۲۰۱۴)) یا ارزیابی محصولات موجود، جامع اما برگشت ناپذیر است (Grießhammer و همکاران (۲۰۰۷)؛ (2014) FAO؛Blok و همکاران (۲۰۱۳)). برای پشتیبانی انکشاف مستمر، چارچوبی مورد نیاز است که مطابق با مرحله توسعه و دسترسی به داده‌ها سازگار باشد.

یادگیری از مولدهای مفهوم بیولوژیکی با امید به دستیابی به دانش پایداری با تمام جنبه‌های آن مانند نوآوری‌های پایدار، استراتژی های پایداری و ارزیابی پایداری مناسب، ارتباط دارد. به نظر می رسد که در انگیزش اولیه، طبیعت یا سیستم‌های بیولوژیکی به دلایل مختلف سیستم های مرجع مناسبی برای مقایسه‌ها می باشند. یک دلیل ممکن است مفاهیم پایداری برگرفته از سیستم بیولوژیک جنگل (بازرگانی) باشد که توسط von Carlowitz توسعه یافت(Carlowitz ۱۷۱۳). دلیل دیگری ممکن است این باشد که انسان ها بخشی از سیستم طبیعی هستند که طی ۳٫۸ میلیارد سال گذشته تکامل یافته است. دیدگاه انسان شناختی به وضوح توسط اصطلاح «محیط اطراف» (در Um-Welt آلمانی) آشکار می شود. در مقابل پارادایم انسانی پایدار، در تمام گوناگونی آن، تکامل نه انسان شناسی و نه تلولوژیک است (Speck و همکاران ۲۰۱۶) و وضعیت موجود را حفظ نمی‌کند. برعکس، سیستم-های بیولوژیکی با پویایی سازگاری تکاملی مشخص می شوند. در مقابل سیستم های فنی، سیستم-های بیولوژیکی فرآیندهای تکاملی جهش، نوترکیب و انتخاب در محیط همیشه در حال تغییر را با نتیجه ساختارها یا فرآیندهای چند منظوره و بهینه شده پس از چندین نسل، در خود دارد. با این

حال، در حالی که سیستم‌های بیولوژیکی به طور کلی در جهت هدف یا آگاهانه عمل نمی کنند، بیشتر سیستم‌های هنری انجام می شود. علاوه بر این، اصطلاح «پایداری زیست محیطی» موضوع محیط زیست را نشان می‌دهد، زمینه ای در علوم زیست شناسی شامل مطالعات مربوط به تعامل بین موجودات زنده و محیط آن‌ها است. اگر چه «پایداری زیست بومی» و «پایداری زیست محیطی» اغلب به عنوان مترادف به کار برده می شوند، زیست بوم و محیط زیست در علوم طبیعی اصطلاحات مترادف نیستند.

جدول ۲. سطوح اطلاعات در تلفیق دانش بیومیمیکریِ معماری؛ ماخذ: محمودی نژاد، ۱۳۹۷، ص ۵۸.

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

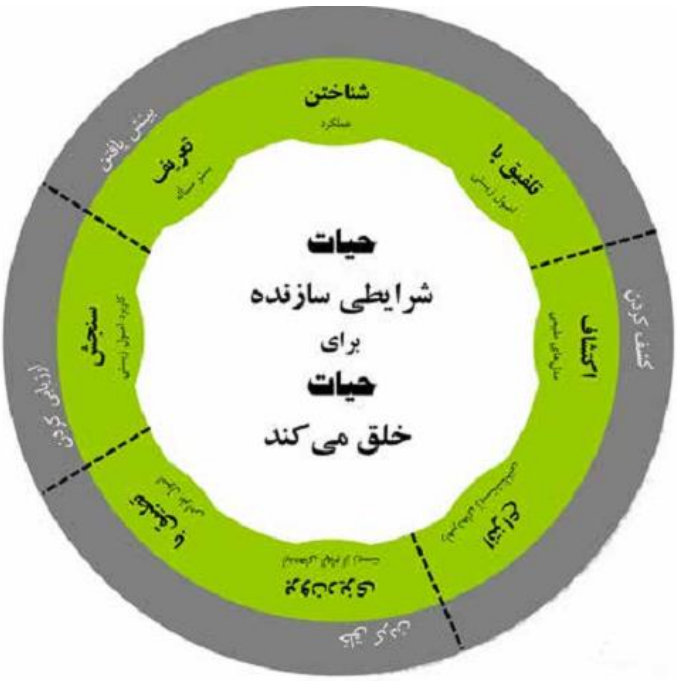
ارگانیسم در بیومتریک و محیط)	سازگاری با اکوسیستم ها شامل تعدیل به سطوح مختلف نور یا صدا، سایه و خودروشنایی
	ساخت پناهگاه
	مدیریت منابع محدود مانند تطابق با فقدان آب، نور یا غذا
	مدیریت پسماند
	ورودی، خروجی، چرخه فرایند

در چارچوب CRC ۱۴۱، ما باید به طور عمده توضیح دهیم که آیا یادگیری از طبیعت منجر به راه‌حل‌های پایدار در فن آوری می شود یا خیر، و تا چه حد می توان توسعه پایدار فنی زیست الهام را توسعه داد. با توجه به «وعده بیومیمتیک» آنتونی و همکاران (۲۰۱۴) یک رویکرد ساختاری برای کم کردن و عملی کردن پتانسیل پایداری ذاتی نوآوری‌های بیومیمتیک پیشنهاد نموده اند. رویکرد پیشنهادی می‌تواند با راه‌حل‌های زیست‌الهام سازگار باشد. اجرای وعده الهام‌بخشی زیستی شامل سه مرحله است: تأیید اینکه نوآوری فنی، زیست الهام است، ارزیابی پایداری آن و نتیجه گیری نهایی برای این‌که آیا وعده بیومیمتیک نگاه داشته شده است. به طور کلی، انتقال بینش بینابینی به نوآوری های فنی یک رویکرد سیستماتیک است که می تواند توسط حداقل پنج خصیصه متغیر عددی مانند مدل، انتقال دانش، ظاهر طبیعی، عملکرد مشابه و وضعیت توسعه مشخص شود. بر اساس این خصوصیات، تجزیه و تحلیل نیمه کمی می‌توان انجام داد که از ۰ (بدون تاثیر) تا ۱ (حداکثر تاثیر) متفاوت است و اثر مدل‌های طبیعی در محصولات فنی و روش‌ها را توصیف می کند. دو نتیجه در این مقاله بسیار مهم است: ویژگی عملکرد نقش مهمی دارد، در حالی‌که در حال حاضر پایداری هیچ نقشی ندارد (Speck و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۳. سطوح اطلاعات در تلفیق دانش بیومیمیکری و معماری؛ ماخذ: نگارندگان.

سطوح زیست‌الگوسازی	جنبه‌های سطوح
ویژگی‌های ارگانیسم (ویژگی خود ارگانیسم)	ویژگی‌های فرمال شامل شکل، رنگ، رفتار حجمی، شفافیت، سازماندهی و سلسله‌مراتب بخش‌ها و سیستم‌ها، ساختار، ثبات و مقاومت گرانشی، ساخت مواد و فرایند، تحول، رشد و چرخه زندگی، کارکرد و رفتار مورفولوژی، آناتومی، مودالیتی و الگوها، قابلیت حمل و تحرک، بهبودی، ترمیم، بقا و نگهداری،
ارتباط جامعه- ارگانیسم	تکنیک‌های بقا، تعامل با سایر موجودات، انتقال دانش میان نسلی و آموزش، سلسله‌مراتب اعضای جامعه، مدیریت و مشارکت گروه، مشارکت و کار گروهی، خودمحافظتی، احساس، پاسخ و تعامل، مدیریت ریسک
ارتباط محیط- ارگانیسم (چگونگی تناسب ارگانیسم در بیومتریک و محیط)	تناسب بافت، تطبیق با تغییر، واکنش اقلیمی با خنک‌سازی، گرم کردن و راه‌حل‌های تهویه، پاسخ به بافت با استتار، خودمحافظتی و شستشوی خودبه‌خودی، سازگاری با اکوسیستم ها شامل تعدیل به سطوح مختلف نور یا صدا، سایه و خودروشنایی، ساخت پناهگاه، مدیریت منابع محدود

با توجه به ارزیابی پایداری زیست‌محیطی سیستم‌های هنری، این اختلاف بین سیستم‌های بیولوژیکی و فنی، گزینه های انتقال و محدودیت‌ها را نشان می‌دهد. به عنوان فعالیت‌های انسانی، اکوسیستم جهانی به میزان قابل توجهی، مسئولیت پیشگیری از تغییرات چشمگیر را آشکار می‌سازد. با این‌حال، در مقایسه با سیستم‌های بیولوژیکی، سیستم‌های هنری به طور آگاهانه توسعه می‌یابند و بنابراین تاثیرات آن‌ها می‌تواند در یک رویکرد ساختار یافته مورد توجه قرار گیرد (von Gleich و همکاران، ۲۰۰۷). همانطور که سیستم‌های بیولوژیکی بسیار سلسله مراتبی سازمان یافته اند و همانطور که زیرسیستم‌های آن ها وابستگی متقابل قوی را نشان می‌دهد، روابط کارکردی آن‌ها ممکن است رویکرد روش‌شناسی برای رسیدگی به این مسائل ارائه دهد. علاوه بر این، جنبه‌های خاص بر اساس قواعد تمدن، مانند جنبه های اخلاقی و حقوق مدنی، دارای یک همبستگی بیولوژیک نیست، اگرچه ممکن است توجیه تکاملی داشته باشند (FitzPatrick ۲۰۱۶). پارادایم پایداری در طبیعت زنده به‌طور کامل اعمال نمی شود. با این وجود، انتقال دانش از ژنراتورهای مفهوم بیولوژیک به‌طورکلی و به ویژه پتانسیل انتقال دانش مربوط به پایداری، بهبود بالقوه را به مدل‌های ارزیابی پایدار ارائه می‌دهد. گرچه همانطور که در بالا ذکر شد، عناصر متعدد مربوط به سیستم‌های هنری، در سیستم‌های بیولوژیکی نیز دیده می‌شود، از دو جنبه فراتر می‌روند عمدتاً از جنبه‌های فرهنگ به معنای فلسفه هنر و بشریت از جمله برابری و حقوق بشر که هیچ همسایگی مستقیمی در سیستم‌های بیولوژیکی ندارند.



نمودار ۳. نحوه الگوبرداری از طبیعت در معماری بیونیک؛ ماخذ: محمودی نژاد، ۱۳۹۹، ص ۳۵.

۴- بیان یافته‌های تحقیق

۴-۱ پایداری الهام‌گرفته شده بیولوژیکی

برای ارزیابی مفاهیم و محصولات الهام گرفته از بیولوژیک با توجه به پایداری آن‌ها، ساختار ارزیابی خود باید با الهام از زیست‌شناسی طراحی شود. در زیر، یک مفهوم پایداری زیست‌الهام ارائه شده است و به منظور ایجاد مبنایی برای یک مدل ارزیابی، یعنی ارزیابی و ساختار سیستم، ارائه می‌شود. این بر اساس مفاهیم ارزیابی پایداری در حال حاضر در بخش ساخت و ساز و سایر رشته ها است و با ابعاد زیست شناختی تکمیل شده است. بر اساس مطالعات موردی موجود، این مفهوم توسعه یافته است و با تحولاتی تکامل خواهد یافت. اگر چه این مفهوم به‌ویژه برای زمینه داده شده، به عنوان مثال ساختارهای زیست الهام در برنامه کاربردی ساختاری، به این دیدگاه محدود نمی‌شود.

۴-۲ ساختار اولیه سیستم DGNB

از لحاظ «سطح انتزاع»، الهام‌بخشی زیستی و پایداری، پارادایم‌هایی هستند که حالت‌های ایده‌آل را نشان می‌دهند و به همین ترتیب، نخست و عمدتاً از طبیعت اتوپیاست. برای انتقال این اظهارات مبهم به سطحی قابل قبول، آن‌ها در یک مفهوم پایداری زیست الهام ادغام می‌شوند. می توان چندین روش را از این امر دریافت کرد:

- ارزیابی گذشته نگر که توسط Antony و همکاران توصیف شده است (۲۰۱۴) و ارزیابی یکپارچه که در اینجا ارائه می‌شود. با توجه به رویکرد اساسی آن ها، تمایز اصلی در اجرای ارزیابی پایداری است. در ارزیابی‌های قبلی، انتظار می‌رفت که ایجاد راه‌حل‌های پایدار به طور ضمنی از طریق نوآوری‌های زیست‌الهام منتقل شود و به وعده الهام‌بخشی زیستی برسد.
- برای رویکرد فعلی، این انتقال ضمنی به سمت یک ارزیابی یکپارچه گسترش یافته است و ایجاد راه‌حل پایدار از طریق یک رویکرد هدفمند با هدف دسترسی به پتانسیل های پایداری که از الهام از زیست بوجود می‌آید، تضمین می شود. این توسعه عمدتا توسط این واقعیت است که انتقال دانش صریح پایداری هم امکان پذیر و هم مطلوب است.
- به سادگی به ویژگی‌های اضافی در ترکیب با یک رویکرد توسعه پیشرفته نیاز است. سهم نوآوری‌های زیست‌الهام (محصولات، مهندسی فرآیندها، روش‌ها) در پایداری، نباید یک رویداد صرفا تصادفی باشد که در مرحله بعد پس از قبول توسعه (Antony و همکاران ۲۰۱۴) اندازه گیری شده باشد، بلکه باید هدف مشخصی آن در ابتدای توسعه باشد.

این تغییر در روش‌هایی است که تسهیل استفاده از رویکردها را نشان می‌دهد. درحالی‌که روش Antony و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی ex ante اعمال شده که نمی‌تواند در فرآیند توسعه

نوآوری‌های زیست الهام هدایت شود، ارزیابی یکپارچه شامل مکانیسم بازخورد پیوسته است. همان-طور که فرآیند زیست الهام به سوی یک محصول زیست الهام پیش می رود، ارزیابی پایداری نیز مشابه است. از آن‌جا که فقط اطلاعات کمی در ابتدا در دسترس است، ارزیابی از یک ارزیابی غربالگری شروع می شود. با افزایش دسترسی به اطلاعات، ساختار ارزیابی بهبود می‌یابد و به‌همین-ترتیب، هماهنگی سازگار برای کل فرآیند زیست الهام را تسهیل می کند. برای نوآوری به طور کامل توسعه یافته، ارزیابی جامع برای پایداری و الهابخشی زیستی ارائه شده است.

۴-۳ پارادایم‌ها بر اساس اصل منابع محدود سیستم DGNB

اساساً، هدف هر نظام هنری، تکمیل یک تابع خاص است. برای یک محصول پایدار، این امر ترجیحاً باید در روش منبع کارآمد باشد. بدین ترتیب، یک سیستم پایدار به وسیله تکمیل عملکرد اجتماعی و اقتصادی (بهره‌مند) بدون هزینه منابع کمیاب مشخص می شود. برای تسهیل سیستم بر اساس عملکرد و هزینه منابع، هر دو شرایط باید بسته به ظاهر آن ها در سیستم های بیولوژیکی و علمی، مشخص و ساختار یافته باشند. درحالی‌که سیستم های بیولوژیکی عمدتا با رقابت برای منابع بسته به محدودیت های محلی و عملکرد کامل خود با هدف بقاء (وینسنت ۲۰۰۲) محدود می‌شوند، این محدودیت برای سیستم های هنری اعمال نمی شود. به دلیل تحرک منابع در اقتصاد جهانی، کمبود سیستم‌های هنری محدود به روابط محلی و کوتاه مدت نیست، بلکه بر جنبه‌های بلند مدت جهانی تمرکز دارد. هنگامی که در مقیاس جهانی، الگوهای اقتصاد جهانی نشان داده می‌شود، علیرغم تاثیرات چشمگیر آن بر اکوسیستم جهانی، کاهش کلی منابع طبیعی هنوز به طور پویا رشد می‌کند (Valero andValero ۲۰۱۰). با این‌حال، در سطح محصول، کمبود درازمدت در حال حاضر در نظر گرفته نمی شود، همان‌طور که نه در اقتصاد و نه در شرایط مرزی نظارتی وجود دارد. این نشان‌دهنده دوگانگی آشکار بین رشد اقتصادی کوتاه مدت و محدودیت منابع در بلندمدت است. در نتیجه، مفهوم منابع کمیاب در هنگام توسعه محصولات با روش های هنری در نظر گرفته نمی شود، بلکه به عنوان یک الگو برای توسعه و ارزیابی سیستم‌های پایدار به کار گرفته می‌شود. در یک سیستم پایدار، تمام منابع باید به گونه ای عمل کنند که سیستم اطراف را دست‌نخورده نگه دارد. درنتیجه، صرف‌نظر از امکان جریان منابع دایره‌ای (Meadows و همکاران ۱۹۷۲)، باید از استثمار منابع کمیاب به طور کلی جلوگیری شود. تا زمانی که زنجیره های علت و معلول و نقاط گرد همگرا نمی توانند دقیقا پیش بینی شوند، هدف اصلی این است که استفاده از منابع از طریق کمبود آن‌ها به حداقل برسد. رسیدگی جنجالی در بحث های اخیر علمی، کمبود، اساساً بر مبنای تجدید پذیری، بازیافت پذیری و بحرانی بودن ساختار یافت است (Klinglmair و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، موضوعات مرتبط با فضایی، دینامیک و انعطاف‌پذیری سیستم باید مورد توجه قرار گیرد (Leach و همکاران، ۲۰۱۰). جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی مانند بحرانی بودن با توجه به سوالات

هنوز حل نشده و بحث‌های علمی در حال بررسی است (Schneider و همکاران ۲۰۱۵؛ Die Partner des Begleitprojekts MaRKT ۲۰۱۵). منابع طبق نظر Kosmol و همکاران مشخص شده‌اند (۲۰۱۲) و در نتیجه هر دو منابع و چاه‌ها را پوشش می‌دهد. این بدان معنی است که هزینه منابع نه تنها محدود به منابع‌رسانی و مصرف منابع کمیاب است، بلکه شامل آلودگی محیط زیست و تخریب‌پذیری می‌شود. موادی که می‌توانند به‌طور کامل از اکوسیستم به دست آیند و به طور کامل قابل استفاده باشند، منابع کمیاب محسوب نمی‌شوند. برای منابع بیولوژیکی، میزان بازسازی همان در نظر گرفته می‌شود، توسط Klinglmair و همکاران پیشنهاد شده است.

۴-۴ ساختار ارزیابی در سیستم DGNB

«چارچوب ارزیابی پایداری» مبتنی بر بیومیمتیکس، هم برای مفهوم ساختاری بر اساس اصل منابع محدود و هم در سطح متا تحت چند موردنیاز عملکردی از زیست‌شناسی الهام می‌گیرد. این‌ها چارچوب مدل ارزیابی را تشکیل می‌دهند و به‌طور همزمان معیارهای موفقیت آن را مشخص می کنند که در توضیحات بعدی مدل ارزیابی ارائه شده است. این چارچوب به توابع سیستم و کاهش منابع اشاره دارد. آن‌ها به طور مؤثری پایداری هر سیستم ارزیابی را از لحاظ عملکرد کارآمد منابع نشان می‌دهند.

$$S_{sys} = \frac{F_{sys}}{R_{sys}}$$

S sys: پایداری سیستم داده شده (0 .... 1)

F sys: قابلیت عملکردی(چندگانه)سیستم داده شده(0 .... 1)

R sys: تابع مصرف منابع سیستم داده شد (1 .... ∞)

هزینه منابع به طور مشترک برای همه منابع مورد نیاز ازجمله منابع نشان داده شده در یک مقیاس نرمال با مرز پایین‌تر از ۱، شامل حداقل مقدار منابع مورد نیاز برای اجرای (چند) قابلیت بررسی می شود. به عنوان افزایش هزینه منابع، تلاش منابع مورد نیاز برای عملکرد واقعی افزایش می‌یابد. عملکرد به عنوان تابع اشباع مطابق با تمایزات ذکر شده در بالا تعریف شده است، که درجه عملکرد سیستم را از ۰ به ۱ تشکیل می‌دهد. پایداری سیستم از ۰ تا ۱ به ترتیب، در صورت عدم مراجعه، در سطح مطلق، محاسبه می‌شود. اگر چه انتظارات مطلق پایداری با توجه به این مشخصات نه ممکن و نه مطلوب است، پایداری مطلق منجر به یک همگرایی معقول از پارادایم پایداری در مقیاس سیستم و محصول می شود. با این وجود، پتانسیل بهبود هر سیستم را می‌توان با مقایسه با یک سیستم مرجع، به روشنی ارزیابی کرد. به دنبال اصل توابع ارتباطی، عملکرد از طریق ارتباط با قابلیت هدف آن، ایجاد نیازهای عملکردی سیستم مرجع، افزایش می‌یابد. علاوه براین، این روش به تابع هزینه منابع منتقل می‌شود، ازجمله هزینه‌های منابع سیستم مرجع به عنوان یک معیار نرمال‌سازی.

۴-۴ تکامل مدل ارزیابی در سیستم DGNB

برای به‌کارگیری مفهوم پایداری زیست الهام، عوامل سیستم‌های طبیعی مانند چند قابلیتی و حداقل استفاده از منابع برای ارزیابی سیستم های هنری منتقل می شوند. بنابراین، شاخص‌ها و طرح‌های وزن هر دو باید به روشی تبدیل شوند که مطابق با الزامات مورد نیاز زیر است که مدل زیست‌الهام را شامل می‌شود:

- انسجام،
- اثربخشی،
- سازگاری و
- انعطاف‌پذیری (برگرفته از von Gleich؛Vester 2011 و همکاران ۲۰۰۷؛ ۲۰۰۹).

۵- نتیجه‌گیری و جمعبندی

در صورتی سازگاری زیست محیطی مبتنی بر معماری بیومیمتیکس به دست می‌آید که نتایج مشابهی در طی یک انحراف معقول، برای مراحل مختلف در یک پروژه توسعه‌یافته و سطوح جزئیات شناخته شده یا ارائه شده توسط محقق مشخص شود. استفاده از زیست‌الگوسازی به عنوان روش حل مسئله می‌تواند به ایجاد استانداردی پایدار برای فضاهای معماری، ساختمان‌ها، جوامع و شهرها در سراسر جهان کمک کند. برای معماران و دیگر متخصصان طراحی، یک دنیای کاملاً جدید از ایده‌های نوآورانه برای تبدیل محیط داخلی و بهینه‌سازی رفاه انسان ایجاد می‌کند و فراتر از خود پروژه‌ها، اصول بیومیمیکری به ارائه هوشمندانه طراحی کمک خواهند کرد و اثر را با محیط طبیعی مرتبط می‌سازند. در آینده، فضاهای داخلی که در آن زندگی می‌کنیم و محیط کاری که در آن کار می‌کنیم، ممکن است برای عملکرد مانند ارگانیسم‌های زنده، به ویژه برای مکان و توانایی فراهم کردن تمام نیازهای خود برای انرژی و آب از طبیعت اطراف طراحی شود. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تحلیل‌های از طبیعت مبتنی بر روش بیومیمتیک DGNB انگیزه معماران در تقلیدهای زیست محیطی را افزایش داده‌اند و نشان داده اند که این روشی مؤثر برای برقراری ارتباط بین مفاهیم است. انعطاف‌پذیری و قابلیت توسعه در یک شاخص و وزن بندی، سازگاری مدل را تشکیل می‌دهد. اگر مدل ارزیابی الهام گیری از طبیعت به شکست و انعطاف‌پذیری معماری یا کابرد ان در معماری نامتناسب باشد، زمینه‌های الگوبرداری را انعطاف‌پذیر در نظر گرفته است. با توجه به این معیارهای کیفی، یک مدل ارزیابی می‌تواند براساس شاخص‌های موجود و طرح‌های وزنی، با استفاده از سیستم‌های موجود در ارزیابی پایداری ساختمان و تکامل آن‌ها با استفاده از داده‌ها از محصولات ساختمانی موجود متمرکز در سیستم‌های زیست الهام توسعه یابد. در این مرحله، معیارهای موفقیت به منظور تسهیل روند اعتبار سنجی، منسجم می‌شود. همانطور که این مدل به توسعه راه‌حل‌های الهام گرفته و پایدار بیولوژیکی هدف دارد، برنامه کاربردی نیز شامل ارزیابی تاثیرات مولد مفهومی طبیعی خواهد بود؛ بنابراین، مدل

توسعه یافته، مسیری را به سوی ارزیابی پایداری انطباق‌پذیری و تسهیل دستیابی به تعهد الهام‌بخش زیست‌محیطی تسریع می‌کند.

(*) اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است. (تعارض منافع به حالتی گفته می‌شود که منافع شخصی مادی یا غیرمادی نویسنده یا نویسندگان با نتایج پژوهش در تعارض باشد و این موضوع بر روند انجام پژوهش یا اعلام صادقانهٔ نتایج تأثیر بگذارد).

۶- منابع و ماخذ

۱. روحی زاده، امیررضا و دیگران (۱۳۹۷) بهره گیری از طبیعت در آموزش طراحی، باغ نظر، سال ۱۶، شماره ۶۸

۲. گلابچی، محمود و محمودی نژاد، هادی (۱۳۹۸) بیونیک در طراحی معماری: نظریه ها و مدلها، تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

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

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

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

۶. میرحسینی، سید مجتبی و دیگران (۱۳۹۹) تبیین معیارهای حیات مبتنی بر علم بیونیک در سکونتگاههای انسانی، پژوهشهای جغرافیای انسانی، سال ۵۲، شماره ۲.

7. Achinstein P (1977) Function statements. Philos Sci analysis for multi-functionality in LCA. Int J Life Cycle Assess 19(3):661–676.

8. Antony F, Grießhammer R, Speck T, Speck O (2014) Sustainability assessment assessment: making informed choices on products. http://www.unep.org/pdf/

9. Atkinson G, Dietz S, Neumayer E (2007) Handbook of sustainable development. Edward Elgar attempt to classify and clarify biology-derived technical developments. Bioinsp. Biomim. (in auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen der Zertifizierung von Gebäuden.

10. Bloesch J, von Hauff M, Mainzer K et al (2015) Sustainable development integrated in the concept

11. Blok K, Huijbregts M, Roes L et al (2013) A novel methodology for the sustainability BraungartM,McDonoughW(2014) Cradle to Cradle: Einfach intelligent produzieren, Ungekürzte

12. Carlowitz HCV (1713) Sylvicultura oeconomica oder haußwirthliche Nachricht und Cheltenham/Northampton club of Rome's project on the predicament of mankind, 1. print. Universe Books, New York

13. Crul M, Diehl J (2007) Design for sustainability: a practical approach for developing economies.

14. Cruzen PJ (2002) Geology of mankind: the Anthropocene. Nature 415:23

15. Daly HE (1991) Steady-state economics, 2nd edn, with new essays. Island Press, Washington, DC

16. Die Partner des Begleitprojekts MaRKT (2015) Leitfaden zur Bewertung von Ressourceneffizienz

17. Dietz S, Neumayer E (2007) Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement.

18. Eberl S (2013) OPEN HOUSE: Assessment guideline. http://www.openhouse-fp7.eu/assets/files/
19. FitzPatrickW(2016) Morality and evolutionary biology. The Stanford encyclopedia of philosophy, get_file?uuid=bdbb04e9-1a34-434b-85a8-44bafb28155b&groupId=10136. Accessed 1 Jun
20. Grober U (2013) Die Entdeckung der Nachhaltigkeit: Kulturgeschichte eines Begriffs. Kunstmann,
21. Hawken P, Lovins AB, Lovins LH (1999) Natural capitalism: creating the next industrial Heidelberg http://www.d4s-de.org/manual/d4stotalmanual.pdf. Accessed 1 Jun 2016
22. Klöpffer W, Grahl B (2009) Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Wiley,
23. Komplexität; ein Bericht an den Club of Rome, 8th edn. Dt. Taschenbuch-Verl, München
24. Kosmol J, Kanthak J, Herrman F et al (2012) Glossar zum Ressourcenschutz. https:/
25. Leach M, Stirling A, Scoones I (2010) Dynamic sustainabilities: technology, environment, social
26. Lienhard J, Schleicher S, Poppinga S et al (2011) Flectofin: a hingeless flapping mechanism
27. Meadows DL, Randers J, Behrens III., William W (1972) The limits to growth: a report for the
28. Moore FC (2011) Toppling the tripod: sustainable development, constructive ambiguity, and the
29. Moro JL (2009) Baukonstruktion: vom Prinzip zum Detail. In: Grundlagen, vol 1. Springer, Berlin,
30. München
31. Pesqueux Y (2009) Sustainable development: a vague and ambiguous "theory". Soc Bus Rev Potenziale. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin press
32. Purdey SJ (2012) Economic growth, the environment and international relations: the growth
33. Reap J (2009) Holistic biomimicry: a biologically inspired approach to environmentally benign review of methods and methodological issues. Int J Life Cycle Assess 19(3):580–592.
34. Robinson J (2004) Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development.
35. Schmidt-Bleek F, Bierter W (1998) Das MIPS-Konzept: Weniger Naturverbrauch–mehr Lebensqualität
36. Schneider L, Berger M, Finkbeiner M (2015) Abiotic resource depletion in LCA—background ci Rev 58(2):106–119. doi:10.1080/00038628.2014.968086
37. Speck O, Speck D, Horn R et al (2016) Biomimetic – bio-inspired – biomorph – sustainable? An Spring 2016 Edition
38. Vester F (2011) Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit
39. Vincent JF (2002) Survival of the cheapest. Mater Today 5(12):28–41.
40. von Gleich A, Pade C, Petschow U, Pissarskoi E (2007) Bionik: Aktuelle Trends und zukünftige von Weizsäcker, Ernst Ulrich, Desha C (2010) Faktor Fünf: Die Formel für nachhaltiges Wachstum.
41. Walsh DM (1996) Fitness and function. Br J Philos Sci 47:553–574 Weinheim

چـــــکیده لاتیـــــــــن

Developing a conceptual framework for bio-inspired sustainability assessment in biomimetic architecture with DGNB system

Abstract

Considering the huge challenges of the effects caused by economic growth at the global level, the targeted development of sustainable innovation is an inevitable social responsibility. However, despite some progress, sustainability has not yet been incorporated into the development of large-scale production. Although bio-inspired innovations seem to offer solutions, the transfer of sustainability through the bio-inspiration process is only implicit, and the promise of bio-inspiration can only be realized through It is known as the traditional form. According to this situation, the concept of sustainability with biological model is determined by considering bio-inspiration and environmental sustainability and becomes fundamental by creating an integrated evaluation method. This concept shows the current link of sustainability assessment, which represents sustainability in construction and aspects of sustainability in biological systems. The basic evaluation structure is derived from biological systems that provide the necessary functions through the optimal use of scarce resources. Its application covers the entire development process of bio-inspired innovations, providing feedback and therefore support for decision-making with a focus on sustainability. The research method is logical reasoning and content analysis, which has the technical tools of library and document studies. Also, the basic evaluation structure of this research is the DGNB system, which seeks the principle of protecting areas that constitute natural social and cultural values. Research findings show that bio-inspired sustainability transmission is enhanced by targeted transmission and the promise of bio-inspiration to create environmentally sustainable and inspiring innovations. As it is expected that the evaluation method itself is bio-inspired, it is based on the characteristics of biological systems such as effectiveness, adaptability, multifunctionality and flexibility.

Key words: *bio inspiration, bionic architecture, biomimetic.*