

تبیین معیارهای حیات مبتنی بر علم بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی

سیدمجتبی میرحسینی - دانشجوی دکترای معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
مجتبی انصاری* - دانشیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
محمدرضا بمانیان - استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۱۸

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۳۱

چکیده

طبیعت طی میلیاردها سال به سعی و خطا پرداخته و در این مدت فقط کارآمدترین ساختارهای طبیعی باقی مانده‌اند که می‌توانند با واسطه علم بیونیک منبع الهام انسان و راه‌گشای چالش‌های انسانی باشند. از طرفی، سکونتگاه‌های انسانی، به‌عنوان مهم‌ترین و عمده‌ترین بخش از زیستگاه‌های انسانی، با وجود فناوری‌های پیشرفته، در مقایسه با گذشته کیفیت مطلوبی ندارند. از این رو، پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که معیارهای حیات بر مبنای اصول علم بیونیک به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی چیست؟ برای پاسخ به این پرسش ضروری است اصول علم بیونیک شناخته شود تا بتوان با نگاه عمیق‌تر در سیستم‌های زنده کیفیات ویژه و حیات را به سکونتگاه‌های انسانی بازگرداند. پژوهش حاضر براساس هدف بنیادی است که به روش توصیفی-تحلیلی به انجام رسیده است. در بخش اول نظریه‌های پایه به روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری و متناسب با هدف و در جهت شکل‌گیری چارچوب نظری پژوهش به روش استدلال منطقی تجزیه و تحلیل شده است. در ادامه، با استفاده از روش دلفی و طی سه راند پیمایشی متوالی معیارهای حیات جمع‌آوری، دسته‌بندی، تعدیل، تلخیص، رتبه‌بندی، و عرضه شده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد حیات کیفیت ویژه‌ای از طبیعت است که هم به جاندار هم بی‌جان اطلاق می‌شود و دارای مراتب و ترازهای مختلف و قابل اندازه‌گیری است. معیارهای حیات در قالب چهار معیار اصلی (مجموعیت، تکامل، سازگاری، بهینه‌سازی)، یک معیار بنیادی (نظم)، و دو معیار مکمل (نفوذپذیری و مرکز نیرومند) عرضه شده‌اند که حیات‌بخشی به سکونتگاه‌های انسانی فقط در پرتو توجه به همه معیارها محقق می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بیونیک، حیات، سکونتگاه‌های انسانی، طبیعت، مجموعیت.

مقدمه

طبیعت طی ۳/۸ میلیارد سال به سعی و خطا پرداخته و در این مدت فقط بهینه‌ترین و کارآمدترین ساختارهای طبیعی باقی مانده‌اند که می‌توانند منبع الهام انسان در حل مسائل آن باشند. علم بیونیک دانشی است که با نگاه به طبیعت و سیستم‌های زنده راه‌گشای چالش‌های انسانی در طراحی و ساخت است. کلمه «بیونیک» در دهه ۱۹۶۰ در قرن بیستم ابداع شد؛ در حالی که، به‌زعم نگارندگان، از گذشته‌های بسیار دور در عرصه‌های مختلف علوم مهندسی، پزشکی، و ... به‌کار می‌رفته است. زیرا مطالعه علم بیونیک نشانی است از الهام از طبیعت و سیستم‌های زنده در سطوح و حوزه‌های مختلف شامل فرم، سازه، مصالح، عملکرد، و فرایند. هرچند آنچه امروزه عنوان بیونیک دارد بیشتر موضوعاتی است که در آن به تقلید صرف فرمی از سیستم‌های زنده پرداخته شده است. از طرفی، آنچه مسلم است این است که شهرسازی و معماری بسیار باسابقه این مرز و بوم همواره از طبیعت تأثیر پذیرفته و بر آن نیز تأثیر گذارده است. رابطه طبیعت و انسان هم در ایران قبل از اسلام هم پس از آن (تا اواخر قاجار) به‌واسطه مضامین نظری و اعتقادی زمانه دارای جایگاه تعریف‌شده‌ای بوده است؛ جایگاهی که مطالعه منابع تاریخ علم در ایران و دستاوردهای آنان بر آن تأکید می‌کند. تجلی این رابطه در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی، به‌عنوان مهم‌ترین و عمده‌ترین بخش از زیستگاه‌های انسانی، نیز برگرفته از همین جایگاه و تجربه تاریخی معماران و سازندگان آن‌هاست. این در حالی است که سکونتگاه‌های انسانی معاصر با وجود فناوری‌های نوین و پیشرفته در مقایسه با گذشته بدون تردید کیفیت پایین‌تری دارند.

در مجموع، می‌توان گفت مسئله‌ای که برای نگارندگان مطرح است بازگرداندن کیفیت به سکونتگاه‌های انسانی است؛ کیفیتی که در گذشته وجود داشته و ناشی از نگاه ویژه گذشتگان به طبیعت بوده، زیرا «ویژگی‌های طبیعت» به جای فرم و سایر اجزای صوری آن اهمیت داشته است. از طرفی، مطالعه علم بیونیک و اصول و حوزه‌های عمل آن نشان از وجود چنین نگاهی (محتوایی) به طبیعت در این علم دارد که با نیازهای زمانه و فناوری‌های نوین همراه شده است. کیفیت ویژه‌ای که به‌نظر می‌آید انسان می‌تواند به‌واسطه علم بیونیک در طبیعت و سیستم‌های زنده جست‌وجو کند و در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های خود به‌کار بندد؛ کیفیت ویژه‌ای که در این پژوهش حیات^۱ نامیده می‌شود.

پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که معیارهای حیات بر مبنای اصول علم بیونیک به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی چیست؟ از این رو، ضروری است اصول علم بیونیک شناخته شود تا بتوان، با نگاه عمیق‌تر در سیستم‌های زنده، کیفیات ویژه و حیات را به سکونتگاه‌های انسانی بازگرداند. با توجه به اینکه جامعه هدف تحقیق حاضر سکونتگاه‌های انسانی در ایران است، اولاً مبنای فکری نظری و عملی حاکم بر شهرسازی و معماری ایرانی، چه قبل از ورود اسلام به این سرزمین چه پس از آن، همواره متأثر از دیدگاه تفسیرگرایانه (معتقد به معنا) بوده است؛ ثانیاً، دیدگاه تفسیرگرایانه نه‌تنها دیدگاه تجربه‌گرایانه^۲ (معتقد به ماده) را رد نکرده، بلکه راه رسیدن به معنا را هم ماده می‌داند؛ در فرایند پژوهش دیدگاه تفسیرگرایانه ملاک عمل قرار خواهد گرفت. برای رسیدن به این هدف، پژوهش حاضر با بررسی واژه‌شناسی، تعریف، و تاریخچه علم بیونیک بستر لازم برای بحث پیرامون بیونیک را حاصل می‌نماید. سپس، اصول علم بیونیک و حوزه‌های عمل آن در زیستگاه‌های انسانی بررسی خواهد شد که ما را به مطالعه طبیعت و سیستم‌های زنده رهنمون می‌کند. در انتها به تبیین سیستم‌های زنده، حیات، و معیارهای آن به‌عنوان محور اصلی پژوهش برای رسیدن به کیفیات ویژه (حیات) به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی پرداخته خواهد شد. از نتایج این پژوهش هم می‌توان به‌عنوان ابزاری برای سنجش کیفیت‌های ویژه شهرسازی و معماری سنتی

1. Life

2. Positivism

ایران، که برگرفته از کهن‌ترین منبع الهام انسان یعنی طبیعت است، استفاده کرد هم به‌عنوان معیارهایی در برنامه‌ریزی و طراحی زیستگاه برای انسان معاصر.

در زمینه پیشینه پژوهش، مطالعات کتابخانه‌ای گسترده‌ای انجام گرفت که بخشی از مهم‌ترین آن‌ها در ادامه خواهد آمد. در ابتدای ظهور علم بیونیک، به‌واسطه گستردگی علمی که بیونیک می‌توانست در آن‌ها مؤثر باشد، عمده منابع به بیان تعریف، اصول، و کاربردهای آن به‌طور عام پرداخته‌اند. همچنین، مؤلفان این منابع عمدتاً زیست‌شناس‌اند. ورنر ناختیگال^۱ را می‌توان از اولین کسانی دانست که در زمینه علم نوین بیونیک به مطالعه، تحقیق، و انتشار اثر پرداخته است. وی مجموعه‌ای وسیع از مثال‌های بیونیک جمع‌آوری و در جهت نظم‌دادن به این موضوع تلاش بسیاری کرده است (ناختیگال، ۱۹۹۷). او در اثر متأخر خود با همکاری با گوران پل^۲، که تحصیلات معماری دارد، در جهت استفاده از علم بیونیک در طراحی و ساختمان نیز تلاش‌هایی کرده است (ناختیگال، ۲۰۰۵؛ پل و ناختیگال، ۲۰۱۵).

جنین بنیوس^۳، بنیان‌گذار «مؤسسه بیومیمیکری»^۴ در امریکا، مؤلف چندین جلد کتاب در زمینه علم بیونیک و مبدع واژه بیومیمیکری است. از نظر وی، بیومیمیکری فقط تقلید از طبیعت نیست، بلکه طبیعت معلم و معیاری برای سنجش نوآوری است (بنیوس، ۱۹۹۷). در همین راستا، آلینا آیوگینا^۵، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، با نگاهی تحلیلی - مقایسه‌ای به تحقیق و بررسی استفاده از سه واژه مصطلح در حوزه مشترک طبیعت و طراحی یعنی بیونیک، بیومیمیک، و بیومیمیکری در گذشته و حال پرداخته است (آیوگینا، ۲۰۱۳). در بسیاری از منابع بیونیک، فرم اولین منبع الهام از طبیعت معرفی شده است؛ در این راستا، آلدرسی - ویلیامز^۶ و فورشتاین^۷ در کتاب‌های خود مجموعه‌ای از ساختارها با فرم و ریخت طبیعی را در محدوده مکانی و زمانی خود معرفی و به‌تصویر کشیده‌اند (آلدرسی - ویلیامز، ۲۰۰۳؛ فورشتاین، ۲۰۰۲).

اما با گذشت زمان، دانشمندان علوم مختلف از این علم برای حل مسائل انسانی استفاده کردند. از جمله شهرسازان و معمارانی که در این زمینه به پژوهش و انتشار اثر پرداخته‌اند می‌توان از کریستوفر الکساندر^۸، پترا گروبر^۹، ایلاریا مازولنی^{۱۰}، و مایکل پاولین^{۱۱} نام برد. الکساندر به تبیین سرشت نظم و ساختارهای زنده در شهرسازی و معماری می‌پردازد. همچنین، خصلت‌های بنیادی طبیعت را که حیات می‌آفرینند برمی‌شمرد (الکساندر، ۱۳۹۲ الف و ۱۳۹۲ ب). گروبر نیز در رساله دکتری خود در دانشگاه تکنیک وین در جهت تبیین رابطه علم بیونیک و سکونتگاه‌های انسانی و تفسیر معیارهای حیات در آن گام برمی‌دارد (گروبر، ۲۰۱۱؛ گروبر و همکاران، ۲۰۱۱). مازولنی اما با ارائه مثال‌هایی نحوه کاربرد بیونیک در یکی از اجزای سکونتگاه‌های انسانی (پوسته ساختمان) را تبیین می‌کند (مازولنی، ۲۰۱۳). پاولین نیز به معرفی روش‌های طراحی بیونیک شامل مسئله‌محور و راه‌حل‌محور و ارائه مثال‌هایی از کاربرد آن در معماری می‌پردازد (پاولین، ۲۰۱۱). در راستای همین موضوع، پورتوگری^{۱۲} و آلیور^{۱۳} در کتاب‌های خود مجموعه‌ای از تصاویر زیستگاه‌های انسانی بومی و سنت‌های ساخت‌وساز در سراسر دنیا را، که برگرفته از ساختارهای طبیعی پیرامون خود بوده، ارائه کرده‌اند (پورتوگری، ۲۰۰۰؛ آلیور، ۲۰۰۷).

1. Werner Nachtigall
2. Goran Pohl
3. Janine Benyus
4. Biomimicry Institute
5. Alena Iouguina
6. Aldersey-Williams
7. Feuerstein
8. Christopher Alexander
9. Petra Gruber
10. Ilaria Mazzoleni
11. Michael Pawlyn
12. Portoghesi
13. Oliver

در زمینه پژوهش حاضر، به واسطه نوظهور بودن علم بیونیک، در منابع فارسی کمتر به این موضوع پرداخته شده است. از مهم‌ترین منابع فارسی مرتبط می‌توان به رساله دکتری محمودی‌نژاد و فیض‌آبادی، که در دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسیده است، اشاره کرد. در این پژوهش‌ها، محمودی‌نژاد به تبیین مبانی آموزش خلاقیت در علم بیونیک (محمودی‌نژاد، ۱۳۹۱) و فیض‌آبادی به تبیین مبانی تکنولوژی مبتنی بر طبیعت پرداخته است (فیض‌آبادی، ۱۳۹۱). با توجه به موارد فوق، می‌توان گفت هیچ تحقیقی با رویکرد خاص پژوهش حاضر یعنی تعریف حیات به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی طبیعت و تبیین معیارهای آن از طریق بازشناسی علم بیونیک به‌منظور ارزیابی رابطه طبیعت و شهرسازی و معماری گذشته (یا معاصر) ایران انجام نگرفته است.

مبانی نظری

علم بیونیک

بیونیک از دو لغت لاتین «بیو+ نیک»^۱ تشکیل یافته است که در آن «بیو» مأخوذی از زبان یونانی به معنای «زیست» و «حیات» است و حروف «ic» پسوند شبیه‌ساز است، به معنی «مثل» و «مانند» (ژراردن، ۱۳۹۰: ۱۱). اگرچه لغات «بیومیمیکری»^۲ و «بیومیمتیکس»^۳ در زمینه ارتباط طبیعت با دانش بشری‌اند، واژه بیونیک بیشتر گویای ارتباط بین طبیعت و طراحی محصول است. بنا به نظر ناختیگال (۱۹۹۷)، واژه آلمانی «بیونیک»^۴ اصالتاً از واژه انگلیسی «بیونیکس»^۵ اقتباس شده که از ترکیب واژگان زیست‌شناسی (بیولوژی) و فناوری (تکنیکس) پدید آمده است.

جدول ۱. تعاریف علم بیونیک

صاحب‌نظر	تعریف
جک. ای. استیل (ژراردن، ۱۳۹۰: ۱۱)	بیونیک علم سیستم‌هایی است که شالوده آن‌ها سیستم‌های زنده‌اند، یا خصوصیت‌های سیستم‌های زنده را دارند، یا به سیستم‌های زنده می‌مانند.
ورنر ناختیگال (ناختیگال، ۱۹۹۷)	یک رشته علمی که به‌طور ساختاری با تولید و اجرای فنی فرایندهای ساختن و توسعه اصول سیستم‌های زیستی مرتبط است.
جانین بنیوس (بنیوس، ۱۹۹۷)	علم مطالعه مدل‌های طبیعت و الهام‌گیری از این طرح‌ها و فرایندها برای رفع مشکلات انسانی است؛ البته مفهوم الهام‌گیری باید از کپی‌سازی از طبیعت به‌طور ساده تشخیص داده شود.
پترا گروبر (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۳)	دانش علم رباتیک و جای‌گزینی و بهینه‌سازی اجزای زنده، مانند بافت، بخش‌های مختلف بدن، عضوها با نسخه مکانیکی آن‌ها.
فخر طباطبایی (۱۳۷۵: ۵۴-۵۷)	بیونیک هنر به‌کارگرفتن دانش سیستم‌های وابسته به زندگی با مقصد تحلیل جنبه‌های فنی آن است. همچنین، پی‌بردن به اصول کار عناصر طبیعت و به‌کارگیری آن در طراحی و ساخت چیزهای دیگر.
منصوریان و گلستان (۱۳۸۷: ۲۸)	هنر به‌کارگرفتن دانش سیستم‌های زنده برای حل مسائل تکنیکی. تشبیه و استعاره از طبیعت برای حل مشکلات.

منبع: در جدول به منابع اشاره شده است

صاحب‌نظران این حوزه برای علم بیونیک تعاریف متعددی ارائه کرده‌اند، اما اتفاق نظر همگان بر این است که بیونیک به‌عنوان یک علم ترکیبی پویا در جهان گسترش یافته است. همچنین، علم رابط مجموعه سیستم‌هایی است که محور اصلی آن را یک سیستم زنده تشکیل می‌دهد (فخر طباطبایی، ۱۳۷۵: ۵۴). در جدول ۱ خلاصه‌ای از تعاریف علم بیونیک ارائه شده است.

1. Bio+nic
2. Biomimicry
3. Biomimetics
4. Bionik
5. Bionics

تاریخچه علم بیونیک به واسطه نوظهور بودن این علم روشن است. بیونیک یک علم بین رشته‌ای مدرن است که در نیمه قرن بیستم ظهور یافته و مفاهیم علوم طبیعی و مهندسی را به کار گرفته است و مهارت‌های جمع‌آوری شده در زمینه‌هایی مثل زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی، الکترونیک، مکانیک، سیرنیتیک، و ساختمان‌سازی را سنتز می‌کند. این علم از مطالعه «سیستم‌های حیاتی» در «موجودات زنده و فرم‌های طبیعی» که از نقطه‌نظر «بیوتکنولوژیک» آنالیز شده‌اند به وجود آمده است. روح بیونیک را در این شعار می‌توان خلاصه کرد که «طبیعت قبلاً آن (همه چیز) را به انجام رسانده‌است» (باین و پل، ۱۳۸۹: ۳۷).

جدول ۲. سیر تحول تاریخی علم بیونیک

سال	توضیحات
۱۹۵۸	ابداع واژه بیونیک
۱۹۵۹	اولین کاربرد واژه در برنامه پژوهشی مرکز رایت پاترسن وابسته به نیروی هوایی امریکا
۱۹۶۰	اولین کاربرد جهانی واژه در کنفرانس بیونیک توسط دانشمند امریکایی در دوازدهمین سالروز کنفرانس الکترونیک هوانوردی

منبع: نگارندگان

واژه «بیونیک» را برای اولین بار دانشمند امریکایی، جک. ای. استیل^۱، به کار برد. تشابه واژه «بیونیک» و «بیولوژی» (زیست‌شناسی) بلافاصله انسان را متوجه ارتباط این علم با موجودات زنده می‌کند. این علم هنگامی اشتهار عمومی پیدا کرد که هفتصد زیست‌شناس، فیزیک‌دان، مهندس، ریاضی‌دان، و روان‌شناس در کنگره‌ای که در شهر دیتون ایالت اوهایو تشکیل شد شرکت کردند (ژراردن، ۱۳۹۰: ۱۱). همان‌طور که اشاره شد، بیونیک علم سیستم‌هایی است که شالوده و پایه آن‌ها سیستم‌های زنده‌اند. از این رو، اصول علم بیونیک پیوند نزدیکی با ویژگی‌های سیستم‌های زنده دارد. ناخستگیال (۱۹۹۷) اصول بیونیک را بدین صورت نام می‌برد: ۱. ساخت‌وساز یک پارچه؛ ۲. بهینه‌سازی کل؛ ۳. چندعملکردی بودن؛ ۴. انطباق‌پذیری با محیط‌های خاص؛ ۵. ذخیره‌سازی انرژی؛ ۶. استفاده از انرژی خورشیدی؛ ۷. محدودیت زمانی به جای دوام غیرضروری؛ ۸. بازیافت کامل؛ ۹. شبکه‌ای بودن به جای خطی بودن؛ ۱۰. رشد و توسعه از طریق آزمون و خطا.

بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی

بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی شاخه‌ای است برای دست‌یابی به خلاقیت به واسطه استفاده از مدل‌های کلیدی طبیعی و مقایسه میان طبیعت زنده و محیط ساخته‌شده که به خلق کیفیت‌های مطلوب منجر می‌شود. در بسیاری از منابع بیونیک، فرم اولین منبع الهام از طبیعت معرفی شده است که گستره‌ای از امریکای شمالی تا یونان و از مصر و ایران تا هند و چین دارد. همچنین، می‌تواند سطوح مختلف نشانه‌ای (شمایل، نمایه، نماد) را شامل شود. از آنجا که هم در تعریف بیونیک و هم در تاریخچه همه منابع بیونیکی موضوع بهره‌گیری از فرم طبیعت مطرح شده‌است (محمودی‌نژاد، ۱۳۹۱)، این زمینه را می‌توان به علم بیونیک وارد کرد، ولی همان‌طور که اشاره شد، بهره‌گیری از اصول طبیعت، ساختار، عملکرد، و فرایندهای طبیعت در اولویت این علم قرار دارد. در جدول ۳ تاریخچه‌ای از کاربرد علم بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی زیستگاه‌های انسانی براساس سال و با تأکید بر حوزه کاربرد و همچنین کاربری ارائه شده است.



شکل ۱. حوزه کاربرد بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی (منبع: نگارندگان)

همان‌طور که از جدول ۳ برمی‌آید، کاربرد بیونیک عمدتاً در کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی اتفاق افتاده است. همچنین، بیشتر کاربری‌های موضوع طراحی بیونیک فضاهای عمومی (نمایشگاهی، اداری، و تجاری) می‌باشند و کمتر از این علم در طراحی سکونتگاه‌های انسانی استفاده می‌شود. بیونیک بیشتر در حوزه‌های فرم و سازه دخالت کرده است، هرچند به مرور زمان تأثیر آن در حوزه عملکرد و مخصوصاً فرایند نیز به چشم می‌خورد که این موارد هم لازمه هم امکان توجه به ویژگی‌های سیستم‌های زنده را به جای فرم و سازه صرف در طراحی بیونیک نشان می‌دهد. از این رو، در ادامه به شناخت و بررسی سیستم‌های زنده و شکل‌دادن به مفهوم حیات در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی پرداخته می‌شود.

جدول ۳. تاریخچه استفاده از بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی

سال	برنامه‌ریز یا طراح	توضیحات	کاربری	حوزه کاربرد	مکان
۱۸۵۱	جوزف پاکستون	طراحی قصر بلورین	نمایشگاهی	فرم و سازه	انگلستان
۱۸۸۳	آنتونی گائودی	طراحی کلیسای ساگرادا فامیلیا	مذهبی	فرم و سازه	اسپانیا
۱۹۳۵	فرانک لوید رایت	طراحی خانه آبشار	مسکونی	مصالح و فرایند	امریکا
۱۹۵۷	یورن اوتزن	طراحی اپرای سیدنی	فرهنگی	فرم و سازه	استرالیا
۱۹۵۹	باک مینیستر فولر	طراحی سازه‌های تنسگریتی و ژئودزیک	نمایشگاهی	سازه	امریکا
۱۹۶۰	فرای اُتو	الهام از طبیعت در ساخت و ساز	ورزشی	سازه	آلمان
۱۹۶۲	ایرو سارنین	طراحی فرودگاه جان اف. کندی	اداری تجاری	فرم و سازه	امریکا
۱۹۹۰	یان کاپلیکی	طراحی ساختمان سبز	اداری تجاری	عملکرد	انگلستان
۱۹۹۵ تا کنون	سانتیاگو کالاتراوا	طراحی موزه هنر میلواکی، ایستگاه قطار تی جی وی و اورینت، برج پیکره چرخان و ...	اداری، تجاری، فرهنگی، مسکونی	فرم، سازه، عملکرد	اسپانیا، پرتغال، آمریکا
۱۹۹۸ تا کنون	کین یانگ	طراحی برج ادیت، برج سولاریس و ...	اداری، تجاری، مسکونی	عملکرد و فرایند	مالزی، سنگاپور

منبع: نگارندگان

سیستم‌های زنده و حیات

واژه پژوهان لغت حیات را از ماده «ح ی ی» به معنای «زندگی» و حی را به معنی «زنده» در مقابل میت دانسته‌اند (معین‌مهر، ۱۳۹۷: ۱۸۸). با مطالعه در حوزه سیستم‌های زنده و مفاهیم وابسته به آن می‌توان دریافت تعریف قطعی برای «زنده» و «حیات» وجود ندارد (شرویدینگر و همکاران، ۱۳۸۰)، اما به نظر می‌رسد در تلاش برای پاسخ به پرسش «حیات چیست؟»، شرق و غرب دو جهت کاملاً مخالف را برگزیده‌اند؛ یکی ذهن‌گرایی و شهود و دیگری عینیت‌خواهی و جست‌وجوی شواهد تجربی (شرویدینگر و همکاران، ۱۳۸۰: ۳). در ایران، چه قبل از اسلام چه پس از آن، همواره رویکرد نخست رواج بیشتری داشته و موجب پیدایش مکتب‌های گوناگون حکمی، فلسفی، و عرفانی مملو از مباحثی ژرف و پیچیده در این زمینه شده است. از این رو، با تدقیق در تعاریف ارائه‌شده برای حیات، می‌توان این نکته را دریافت که دو دیدگاه عمده پیرامون حیات مطرح است که نگارندگان آن‌ها را به تعریف حیات در «دیدگاه تجربه‌گرایانه» و «دیدگاه تفسیرگرایانه» تقسیم‌بندی می‌کند؛ به طوری که دیدگاه تجربه‌گرایانه متمایل به اندیشه‌های غربی و دیدگاه تفسیرگرایانه معطوف به اندیشه‌های مشرق‌زمین است.

درک انسان‌ها از مفهوم حیات همواره به اوضاع اجتماعی و فرهنگی و فکری زمانه وابسته بوده و بیش از همه تحت نفوذ شدید علوم و فنون حاکم قرار داشته است. در قرن هجدهم موجودات زنده به مثابه ساعت‌های کوکی پنداشته

می‌شدند. در قرن نوزدهم این تصویر ذهنی پدید آمد که موجودات زنده شبیه ماشین‌های حرارتی‌اند. در قرن بیستم، زمان جولان ماشین‌های محاسباتی موجودات زنده به رایانه تشبیه شدند. به هر حال، انسان همیشه موجودات زنده را به‌سان آن چیزی که به‌وسیلهٔ خودش طرح و ساخته شده تصور کرده است (فخر طباطبایی، ۱۳۷۵: ۱۹). تشبیه موجودات زنده به دستگاه‌های کنترلی در حال حاضر نیز تأیید واضحی بر این امر است. با توجه به تعاریف جدول ۴، می‌توان استدلال کرد که حیات خود یک ویژگی طبیعت (سیستم‌های زنده) و کیفیت ویژه‌ای از طبیعت است. حیات یک ارزش مطلق نیست و دارای مراتب و ترازهای مختلف است. ویژگی حیات هم به جاندار هم بی‌جان اطلاق می‌شود؛ آنگاه مرتبه‌ای از حیات که در جانداران روی می‌دهد فقط حالت خاصی از حیات است. همچنین، ادراک ما از حیات مربوط به تفاوت‌های ساختاری میان خود سیستم‌های زنده است؛ تفاوتی که به‌زعم نگارندگان قابل اندازه‌گیری و بیان است. از این رو، لازم است نسبت به شناخت معیارهای حیات اقدام کرد.

جدول ۴. تعریف حیات در دیدگاه تجربه‌گرایانه و دیدگاه تفسیرگرایانه

موجود زنده ماشین‌هایی شیمیایی‌اند که خود را می‌سازند، به تکثیر خود می‌پردازند و بدین سان با اجرای متابولیسم گسترده و گوناگون می‌شوند.	به اعتقاد زیست‌شناسان (فخر طباطبایی، ۱۳۷۵: ۲۵)	دیدگاه تجربه‌گرایانه
ارتباط و پردازش نشانه‌های حیات (بیولوژیکی یا کلاسیک) در همهٔ ترازهای طبیعت جاندار.	هافمایر ^۱ (طبیعت‌شناس) (۱۹۹۷: ۳۵۵)	
موجود زنده دستگاه یا نظامی است که الزاماً برای حفظ وضعیت خود به جریانی از ماده و کارمایه در خودش نیاز دارد.	شرویدینگر (فیزیک‌دان) (شرویدینگر و همکاران، ۱۳۸۰: ۵)	
منظور از حیات به جانداران (ارگانسیم‌های گیاهی و جانوری) و هر نظام کربنی، اکسیژن، هیدروژنی، نیتروژنی که قادر به تولید مثل باشد برمی‌گردد.	الکساندر (شهرساز) (۱۳۹۲ الف: ۲۸)	
سیستم‌های حیاتی سیستم‌هایی باز هستند که از پروتئین‌ها و اسیدنوکلئیک‌ها با توانایی خودسازی این مواد تشکیل شده‌اند.	گروبر (معمار) (۲۰۱۱: ۱۱۲)	دیدگاه تفسیرگرایانه
حیات، روح، و آن چیزی است که با آن احساس و رشد و نمو صورت گرفته است.	به اعتقاد فلاسفه (معین‌مهر، ۱۳۹۷: ۱۸۹)	
حیات ماورای طبیعت و شامل هم‌گرایی زندگی مادی و زندگی معنوی است.	به اعتقاد اهل دین (معین‌مهر، ۱۳۹۷: ۱۸۷)	
حیات کیفیتی است که در ذات هر چیز نهفته است. هر شکل از نظم از مرتبه‌ای از حیات برخوردار است.	الکساندر (شهرساز) (۱۳۹۲ الف: ۳۰)	
حیات بر مبنای سلسله‌مراتبی از کیفیت‌ها و ترازها در ساختارها پدید می‌آید.	گروبر (معمار) (۲۰۱۱: ۱۱۵)	

منبع: در جدول به منابع اشاره شده است.

اهمیت حیات در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی

همهٔ افراد در همه حال و در همهٔ گروه‌های سنی به نقش طبیعت و استفاده از مزایای آن برای بهبود وضعیت روحی، روانی، اجتماعی، و حتی اقتصادی خود توجه دارند (قربانی و تیموری، ۱۳۸۹: ۵۹). همچنین، همان‌طور که تجربهٔ ما نشان می‌دهد، برخی شهرها، ساختمان‌ها، صنایع دستی، و به طور کلی آثار هنری از برخی دیگر زنده‌ترند. «مسجد جامع اصفهان با رنگ‌های خیره‌کننده‌اش بسیار باشکوه است. این مسجد با رنگ‌ها و تناسب‌های حیاتی تحسین‌برانگیز دارد که برخلاف کلیساهای گوتیک که حزن‌انگیزند درخشان و شاداب است» (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۴۵). کلیساهای قرون اولیهٔ

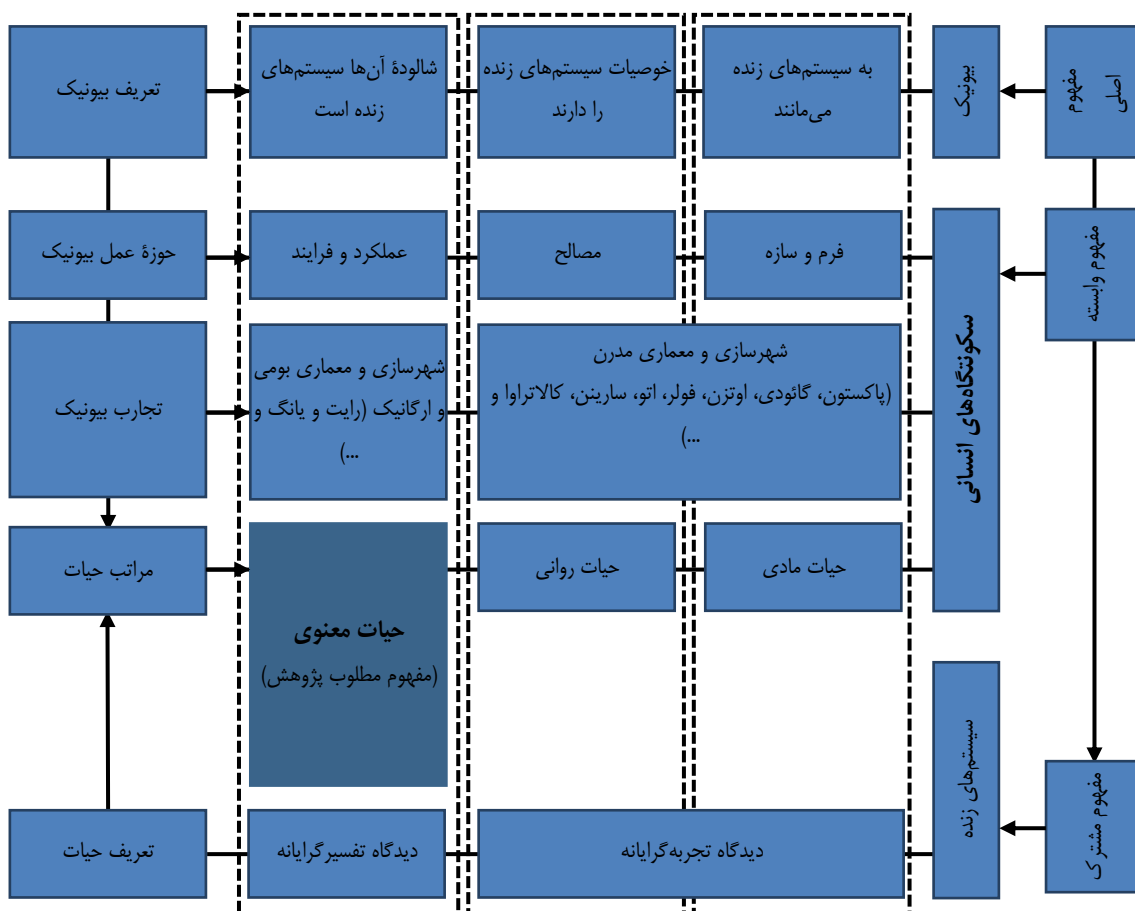
مسیحیت در رم، ماچوپپوچو در پرو، خانه‌های سفالی در مراکش، و پل‌های اصفهان نیز، هرچند در مقیاسی کوچک‌ترند، قادرند احساسی از آرامش توأم با احترام در ما برانگیزند (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۴۸). به این ترتیب، هم یادگارهای با عظمت تاریخی هم شهرها و ساختمان‌های در مقیاس کوچک‌تر، همگی، پیوندی مستقیم با حیات دارند. بنابراین، ساختمان‌ها در سراسر جهان بسیار متفاوت‌اند، مواردی بسیار زنده‌اند، و برخی حیات کمتری دارند؛ چیزی که امروزه در شهرسازی و معماری، به‌طور عام، و سکونتگاه‌های انسانی، به‌طور خاص، به‌ندرت یافت می‌شود.

انسان اشرف مخلوقات و هدف غایی از خلق طبیعت است: «و سخر لکم ما فی السماوات و ما فی الارض جمیعا منه ان فی ذلک لایات لقوم یتفکرون» (جائیه: ۱۳). از این رو، توجه به حیات انسانی یک اصل است. برای حیات انسانی وجوه کمی و کیفی متنوعی را می‌توان برشمرد. زندگی دنیایی انسان طولی از تولد تا مرگ دارد؛ اما وجهی کیفی نیز برای آن مطرح است که بیش از طول زندگی (وجه کمی آن) اهمیت دارد (نقی‌زاده، ۱۳۸۸: ۲۵۰). همه اندیشمندان فلسفه و عرفان نیز بر وجود مراتب حیات برای انسان تأکید دارند (نصر، ۱۳۵۹) که می‌توان از آن‌ها به حیات مادی (توجه به جهان قابل ادراک، نفس اماره)، حیات روانی (توجه به ذات، نفس لوامه)، و حیات معنوی (توجه به سرمنشأ، نفس مطمئنه) نام برد. از منظر اسلام حیات معنوی حیات اصلی انسان قلمداد می‌شود.

از پیش‌فرض‌های فوق می‌توان استدلال کرد که پذیرش ساحت‌های متنوع حیات و نیازهای گوناگون مرتبط با هر مرتبه از حیات انسانی ایجاد می‌کند تا فعالیت‌های انسانی از جمله شهرسازی و معماری (نقی‌زاده، ۱۳۸۸: ۲۴۹) و نتایج و دستاوردهای آن از جمله سکونتگاه‌های انسانی، به‌عنوان مهم‌ترین و عمده‌ترین بخش از زیستگاه‌های انسانی، نیز درجات و مراتب متنوعی را دارا باشد که هر کدام مابه‌ازای ساحتی خاص از حیات یا نیازی مشخص از انسان خواهد بود. از طرف دیگر، هنر به‌طور عام و شهرسازی و معماری به‌طور خاص از مهارت و برجستگی‌های انسانی سخن می‌گوید و برای برجستگی دادن به انسانیت انسان‌ها مطرح است (انصاری، ۱۳۶۸: ۱۶). از این رو، رسیدن به مرتبه حیات معنوی فقط در پرتو توجه همه‌جانبه به معیارهای حیات در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی محقق می‌شود.

مدل مفهومی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف بنیادی است، زیرا، برخلاف تحقیقات کاربردی، به دنبال دسته‌بندی شاخص‌های موجود و مطالعه آن‌ها در یک نمونه موردی نیست، بلکه همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، هدف پژوهش رسیدن به کیفیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی است که حیات نامیده می‌شود و راه رسیدن به این کیفیت تبیین معیارهای آن است. از این رو، نگارندگان در بخش مبانی نظری پژوهش به دنبال ایجاد زنجیره‌ای از مطالعات نظری بر مبنای استدلال منطقی بوده‌اند تا ایشان را به مفهوم مطلوب پژوهش به‌منظور تدقیق و تبیین معیارهای تعریف‌کننده آن برساند. این مسیر با مطالعه متغیرهای پژوهش، یعنی بیونیک و سکونتگاه‌های انسانی، آغاز شد. در ادامه، طی فرایندی تحلیلی و تطبیقی، که به‌صورت خلاصه در بخش مبانی نظری ارائه شده است، زیرشاخه‌های هر متغیر تبیین و مفهوم مشترک آن‌ها یعنی سیستم‌های زنده شناسایی شد. مطالعه سیستم‌های زنده و مطابقت زیرشاخه‌های آن با زیرشاخه‌های مفاهیم اصلی و وابسته پژوهش نگارندگان را به شناخت مفهوم مطلوب پژوهش یعنی حیات معنوی، که در ادامه پژوهش به اختصار «حیات» نامیده می‌شود و در بخش بعد به شناسایی معیارهای آن پرداخته می‌شود رساند. به‌منظور روشن‌تر شدن فرایند استدلال در این بخش، مدل مفهومی پژوهش در قالب شکل ۲ ارائه شده است.



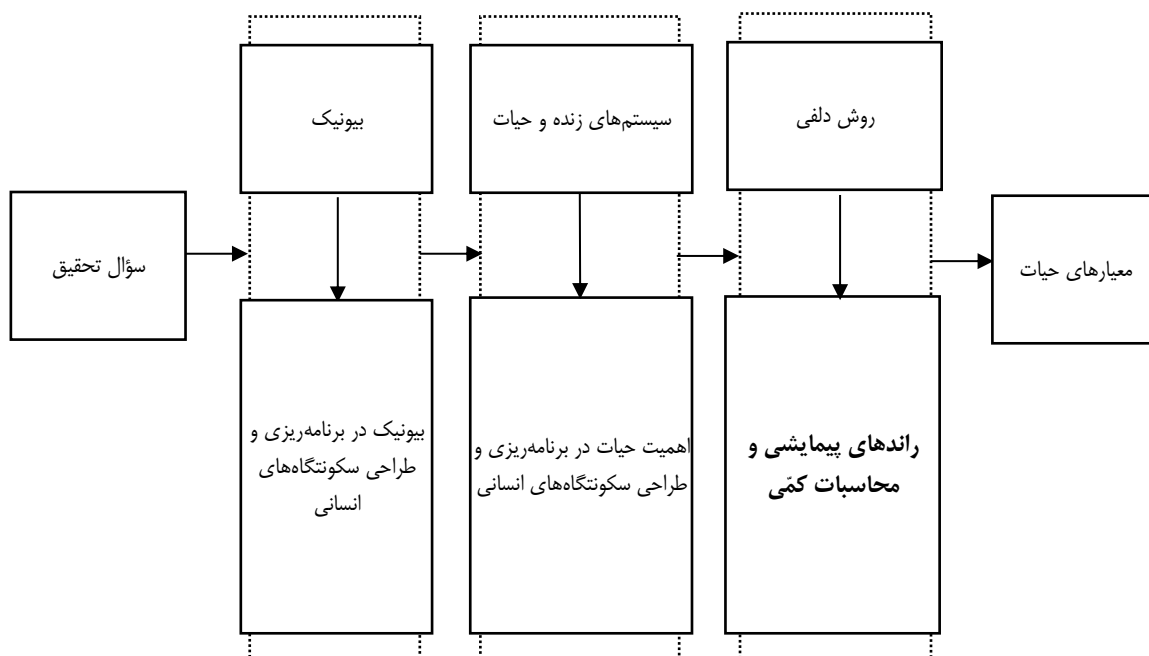
شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش (منبع: نگارندگان)

روش پژوهش

پژوهش حاضر براساس هدف بنیادی است، زیرا می‌تواند با استفاده از معیارهایی که از طریق تحقیق در زمینه بیونیک به دست می‌آید در جهت ارتقای کیفیت زندگی بشر (در سکونتگاه‌های انسانی) استفاده شود. این پژوهش از جمله پژوهش‌های کیفی است که به روش توصیفی-تحلیلی به انجام رسیده است. در بخش ابتدایی، نظریه‌های پایه مرتبط با حوزه پژوهش به روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری می‌شود و، متناسب با هدف پژوهش، چارچوب نظری و مفهوم مطلوب پژوهش شکل داده می‌شود. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات در این بخش استدلال منطقی است (حافظنیا، ۱۳۸۹).

در بخش دوم پژوهش، با توجه به گستردگی تعریف حیات و عدم اتفاق نظر بر سر آن، از روش دلفی استفاده شده است. زمانی که بخواهیم درباره اتفاق نظر یک جمع صاحب‌نظر درباره یک موضوع خاص به بررسی بپردازیم از روش دلفی استفاده می‌شود (سرمد و همکاران، ۱۳۸۵). روش دلفی، با استفاده گسترده از آرا (با ابزار پرسش‌نامه و مصاحبه)، اجماع قوی و مستحکمی از آن‌ها، به‌خصوص در مواردی نظیر موضوع پژوهش که با کمبود شواهد تجربی روبه‌رو هستیم، ارائه می‌دهد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۸۲). در این روش طی سه راند پیمایشی متوالی و گمنامی پانلیست‌ها، معیارهای حیات جمع‌آوری، دسته‌بندی، تعدیل، تلخیص، رتبه‌بندی، و عرضه می‌شود. در راند اول به روش تحلیل محتوا به حذف و ترکیب معیارها پرداخته شد. از آنجا که در گروه‌های هموزن ۱۰ تا ۱۵ نفر پانلیست کافی است (ویندل، ۲۰۰۴)، از دیدگاه ۱۰ نفر از متخصصان و خبرگان حوزه برنامه‌ریزی، طراحی شهری، و معماری در راندهای دوم و سوم دلفی بهره گرفته شده و همچنین برای تحلیل یافته‌های نهایی پژوهش از نرم‌افزار SPSS (آزمون کوکران، روش

میانگین، و واریانس) استفاده شده است. در بررسی پایایی ابزار سنجش باید گفت کاربران دلفی صحت این روش را تأیید کرده‌اند (اوکولی و پاولوسکی، ۲۰۰۴). روایی ابزار سنجش نیز از طریق نظرخواهی از چند متخصص که در مطالعه شرکت نداشته‌اند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۸۳) تأمین شده است. شکل ۳ فرایند پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۳. فرایند پژوهش (منبع: نگارندگان)

بحث و یافته‌ها

نتایج حاصل از روش دلفی

همان‌گونه که در بخش قبل اشاره شد، در این بخش برای رسیدن به معیارهای حیات به‌عنوان معیارهای بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی، با استفاده از روش دلفی و طی راند‌های پیمایشی، معیارهای حیات (در همه سطوح) جمع‌آوری، دسته‌بندی، تلخیص، رتبه‌بندی، و عرضه شد.

در راند اول با استفاده از پیمایش کتابخانه‌ای و میدانی همچنین بر مبنای چارچوب نظری تحقیق و مبنای روش دلفی، داده‌ها (معیارهای حیات) از منظر متخصصان این حوزه - که زیست‌شناسان، فیزیک‌دانان، فلاسفه، اهل دین، شهرسازان، و معماران را دربر می‌گیرد - جمع‌آوری شد که خلاصه آن در جدول ۵ ارائه شده است. در ادامه بر مبنای تعاریف ارائه شده برای هر معیار، به روش تحلیل محتوا و با استفاده از ابزار قیاس و استدلال منطقی به دسته‌بندی، حذف معیارهای مشابه، و ترکیب برخی از ۱۳۵ معیار به دست‌آمده پرداخته شد که سرانجام ۸۵ معیار استخراج شد. ذکر این نکته لازم است که با توجه به اینکه هدف تحقیق رسیدن به معیارهای بیونیک در شهرسازی و معماری ایران است و اولاً مبنای فکری نظری و عملی حاکم بر رفتار و کردار ایرانی، چه قبل از اسلام چه بعد از آن، همواره متأثر از دیدگاه تفسیرگرایانه (معتقد به معنا) بوده است؛ ثانیاً، دیدگاه تفسیرگرایانه دیدگاه تجربه‌گرایانه را رد نکرده، بلکه آن را هم دربر گرفته و معتقد است که راه رسیدن به معنا از ماده می‌گذرد، دیدگاه تفسیرگرایانه ملاک عمل قرار گرفت.

جدول ۵. نتایج حاصل از پیمایش کتابخانه‌ای و میدانی پیرامون معیارهای حیات

ردیف	متخصص	معیارهای حیات	دیدگاه
۱	کمپبل (زیست‌شناس) (کمپبل و مارکل ^۱ ، ۲۰۰۰)	نظم، تکثیر، رشد و توسعه، مصرف انرژی، احساس کردن، واکنش نشان دادن، هموستازی، توسعه تکاملی	تجزیه‌گر یانه (مشفق به ماده)
۲	شرویدنگر (فیزیک‌دان) (شرویدنگر و دیگران، ۱۳۸۰)	نظم، یک‌پارچگی، تراز سلسله‌مراتبی، پیدایش، آنتروپی پایین، خودسازمان‌دهی (خودپایداری، خودترمیمی، خودسازی)، محدود شدن به زمان و مکان	
۳	لینچ (شه‌ساز) (۱۳۸۱)	معنی، تناسب، دسترسی، نظارت و اختیار، کارایی، عدالت	
۴	الکساندر (شه‌ساز) (۱۳۹۲ الف)	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	دگزی ^۲ (شه‌ساز) (۲۰۰۵)	فرانیرو، حد نیرو، مشارکت، نظم (هارمونی، ریتم، سلسله‌مراتب)، آزادی	
۶	آتو ^۳ (معمار) (آتو 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	تفسیر گرایانه (مشفق 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 (شه‌ساز)	روح، وحدت در کثرت، پایداری، ادراک، ایمان، آرامش و امنیت، سودمندی، آزادی	
۱۳	پورجعفر (شه‌ساز)	تکثیر، نظم، توازن و تعادل، تکرار و ریتم	
۱۴	نقی‌زاده (شه‌ساز و معمار) (۱۳۸۸: ۴۷۵ - ۴۹۸)	تعادل، پاکی، هماهنگی، معنویت، هویت، وحدت، امنیت، ذکر، حد و اندازه، آرامش، فقدان احساس غربت، ارتباط، معنادار بودن، 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، بدیع بودن، زمانمندی، مکانمندی، بهره‌مندی، هماهنگی با اقلیم، کارایی، معنا	

منبع: در جدول به منابع اشاره شده است.

در راند دوم پرسش‌نامه‌ای تنظیم شد که حاوی دسته‌بندی حاصل از راند اول بود. از متخصصان خواسته شد در صورتی که نظرشان با دسته‌بندی به دست آمده مطابقت ندارد، نسبت به توجیه تفاوت نظر خود با نتایج راند اول و همچنین تعدیل و تلخیص یا در صورت لزوم اضافه کردن به این فهرست اقدام کنند که سرانجام ۱۵ معیار استخراج شد که خلاصه آن در جدول ۶ ارائه شده است.

در راند سوم دلفی، از متخصصان خواسته شد، علاوه بر اظهار نظر درباره معیارها، ترکیب معیارها، یا حذف معیارهایی که همپوشانی دارند به دسته‌بندی آن‌ها نیز اقدام کنند که سرانجام ۷ معیار در ۳ دسته استخراج شد که خلاصه آن در جدول ۷ ارائه شده است. در این دسته‌بندی، معیارهای اصلی معیارهایی است که برای ایجاد حیات در طبیعت لازم و ضروری است و فقدان هر کدام مانع پیدایش حیات می‌شود؛ در حالی که معیارهای مکمل لازمه ایجاد حیات نبوده، بلکه

به پیدایش آن کمک می‌کنند. معیار نظم نیز پایه و اساس شکل‌گیری همه معیارهای دیگر است. از این رو، از سوی متخصصان معیار بنیادی معرفی شده است.

جدول ۶. نتایج حاصل از راند دوم دلفی پیرامون معیارهای حیات

ردیف	معیارهای حیات	معیارهای وابسته (حاصل از راند اول)
۱	مجموعیت	مجموعیت، کلیت، یک‌پارچگی، وحدت در کثرت، ایجاز، سادگی، جدایی‌ناپذیری، مشارکت، انسجام
۲	هدفمندی	معنا، روح، هویت، مقصودمندی، سودمندی، ذکر، آرامش، و امنیت
۳	تکامل	حرکت، تغییر، رشد، انتخاب طبیعی، تکامل، تعالی
۴	بداعت	بدیع‌بودن، تنوع، تحول، ثبات ظاهری و پویایی دائمی، ناهمگونی، پیچیدگی
۵	تکثیرپذیری	پیدایش، تکثیر، تولید، بازتولید، تولید مثل
۶	انطباق‌پذیری	انطباق، انعطاف، آنتروپی منفی، احساس، واکنش
۷	خودسازماندهی	خودسازمان‌دهی، خودپایداری، خودترمیمی، خودسازی، هموستازی
۸	کارایی	پایداری، کارایی ماده و انرژی، هماهنگی با اقلیم، پرهیز از بیهودگی، سودمندی
۹	نظم	تکرار، ریتم، پیوستگی، قانون
۱۰	تعادل	تعادل و توازن، هماهنگی، تقارن، تداوم، حد و اندازه
۱۱	سلسله‌مراتب	مقیاس، تناسب، درجه‌بندی
۱۲	نفوذپذیری	نفوذپذیری، بُد، چرخه ماده و انرژی، فضای خالی، دسترسی
۱۳	گشودگی	گشودگی، آزادی، ارتباط، اتصال، ادراک
۱۴	مراکز نیرومند	مراکز نیرومند، شکل خوب، تسلط، فضای معین
۱۵	مرز	مرز، تنوع، محدودیت، تضاد

منبع: نگارندگان

Frequencies			Test Statistics	
	Value		N	Cochran's Q
	0	1		
P1	0	7	7	5.313 ^a
P2	1	6		
P3	1	6		
P4	2	5		
P5	1	6		
P6	1	6		
P7	0	7		
P8	1	6		
P9	2	5		
P10	2	5		

df 9
Asymp. Sig. .806

a. 1 is treated as a success.

Cochran Test

شکل ۴. نتایج حاصل از اجرای آزمون کوکران (منبع: نگارندگان)

در ادامه به منظور سنجش مشابهت نظر متخصصان پیرامون معیارهای به‌دست‌آمده، آزمون کوکران طراحی و اجرا شد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، سطح پوشش آماره آزمون^۱ (۰٫۸۰۶) از سطح اطمینان آزمون (۰٫۰۵) بزرگ‌تر است که بیانگر آن است که در سطح خطای ۰٫۰۵ تفاوت معناداری بین نظر متخصصان درباره معیارهای به‌دست‌آمده در راند سوم دلفی وجود ندارد. به عبارت دیگر، با اطمینان ۹۵ درصد، نظر متخصصان همگرا بوده و به ادامه و تکرار راندهای دلفی نیازی نیست.

1. Asymp. Sig.

در انتها نیز به‌منظور رتبه‌بندی معیارهای به‌دست‌آمده براساس نقش و میزان اهمیت آن‌ها در حیات‌بخشی به سکونتگاه‌های انسانی، از پانلیست‌ها خواسته شد تا نظر خود را در پنج حالت از مقیاس لیکرت بیان کنند. نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد از نظر اهمیت همه معیارها از حد متوسط (۲/۵) بیشتر بوده و بین ۳/۴ تا ۴/۹ در نوسان‌اند. همچنین، واریانس به‌دست‌آمده (۰/۴۹۸) نشان‌دهنده پراکندگی پایین نمرات و همگونی نظر متخصصان درباره اهمیت معیارهای به‌دست‌آمده است (جدول ۷).

جدول ۷. نتایج حاصل از راند سوم دلفی و رتبه‌بندی معیارهای حیات

ردیف	معیارهای حیات	معیارهای وابسته (حاصل از راند دوم)	میانگین	رتبه‌بندی	دسته‌بندی
۱	مجموعیت	مجموعیت، هدفمندی	۴/۹	۱	
۲	تکامل	تکامل، بداعت، تکثیرپذیری	۴/۴	۳	اصلی
۳	سازگاری	انطباق‌پذیری، خودسازمان‌دهی	۴	۴	
۴	بهینه‌سازی	کارایی	۴	۴	
۵	نظم	نظم، تعادل، سلسله‌مراتب	۴/۷	۲	بنیادی
۶	نفوذپذیری	نفوذپذیری، گشودگی	۳/۷	۵	مکمل
۷	مرکز نیرومند	مراکز نیرومند، مرز	۳/۴	۶	

منبع: نگارندگان

معیارهای حیات

در این بخش معیارهای به‌دست‌آمده از راند سوم دلفی، که همان معیارهای حیات است، معرفی شده و، ضمن ارائه تعاریف و مفاهیم وابسته به آن‌ها، با ذکر مصداق‌هایی از طبیعت، سعی در رسیدن به هدف تحقیق شده است (جدول ۷).

مجموعیت

برای تعریف مجموعیت می‌توان گفت هر بخش از هر نظام هم‌زمان هم قائم به ذات خود است هم همیشه بخشی از نظامی بزرگ‌تر در جهان پیرامون خود که عمیقاً به آن متصل است (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۲۴۶). هنگامی که به رشد و تغییرات طبیعت می‌نگریم، درمی‌یابیم عملکردهای متفاوت که از درون یا بیرون کلیت موجود نشئت می‌گیرد ممکن است به سود یا ضرر آن کلیت باشد، زیرا خصوصیت هر جزء ممکن است همسو یا در تضاد با کلیت آن باشد. به این ترتیب، میزان حیات و مقدار ارزش هر چیزی از این هماهنگی یا تضاد ناشی می‌شود. این ویژگی طبیعت (مجموعیت) در بسیاری موارد در سایه تجربه‌گرایی معاصر نادیده گرفته شده است. نوالیس^۱، شاعر و فیلسوف رماتیک، در این باره می‌نویسد: «دیری است که در فیزیک پدیده‌ها را از زمینه خویش جدا ساخته‌اند و روابط متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است. هر پدیده‌ای حلقه‌ای از زنجیره بی حد و حساب است که همه پدیده‌ها را چونان حلقه‌های همان زنجیر فهم می‌کند» (نصر، ۱۳۸۴: ۱۹۲).

معیار مجموعیت توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۴/۹ رتبه اول اهمیت را نسبت به سایر معیارها به‌دست آورد و به‌عنوان مهم‌ترین معیار و همچنین معیار اصلی حیات انتخاب شود. برای مثال مجموعیت در طبیعت می‌توان به برهان پل^۲ (۱۹۸۷)، که یک پارچگی عمیق و بنیانی میان ساختار ماده و فضا را بیان می‌کند، یا اصل ماخ^۳ (۱۹۶۰)، که بیان می‌کند ذرات ماده عمیقاً به هم مرتبط‌اند، اشاره کرد.

1. Novalis

2. John Bell

3. Ernst Mach

تکامل

قاعده کلی پیدایش حیات بیان می‌کند که حیات فقط از حیات پدید می‌آید (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۱۷). جانداران این توانایی را دارند که تولیدمثل کنند و تکامل یابند. بیشتر جانوران و گیاهان به روش جنسی تولید مثل می‌کنند. فرزندان به وسیله سلول‌های نر و ماده که حاوی مجموعه کاملی از کروموزوم‌ها هستند تولید می‌شوند که باعث ایجاد ترکیب‌های جدید ژنتیکی می‌شود که خود اساس تکامل است (مارگولیوس و ساگان^۱، ۲۰۰۰: ۳۱). این روند تکاملی و تغییر و تحول از گونه‌ای به گونه دیگر به آرامی و طی چند نسل اتفاق می‌افتد و ساختاری به هم پیوسته و بدون پرش دارد (الکساندر، ۱۳۹۲: ۵۱). واژه تکامل شامل همه تغییراتی است که حیات بر روی زمین را تحت تأثیر خود قرار داده است، از زمانی که حیات به صورت بسیار ابتدایی بوده تا تنوعی که امروز شاهد آن هستیم (کمپبل و مارکل، ۲۰۰۰: ۴۳۵).

معیار تکامل توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۴/۴ رتبه سوم اهمیت را نسبت به سایر معیارها به دست آورد و همچنین به عنوان یکی از معیارهای اصلی حیات انتخاب شود. برای مثال تکامل در طبیعت می‌توان به گرم شدن آب، تحول یک هسته به گیاه، یا یک نطفه به حیوان یا انسان اشاره کرد. بدیع بودن آسمان و زمین، که خداوند در قرآن در آیه «بدیع السماوات و الارض» (بقره: ۱۱۷) به آن اشاره می‌کند، نیز مصداقی از تکامل در طبیعت است. علم نیز این اشاره را تأیید می‌کند: «با رشد و توسعه سطح نظم در جانداران ویژگی‌های جدیدی پدید می‌آیند که در سطح قبلی موجود نبودند. این ویژگی‌ها را ویژگی‌های نوظهور (بدیع) در طبیعت می‌نامند» (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۱۵).

سازگاری

همه سیستم‌های زنده، نه تنها حیوانات، بلکه گیاهان و میکروارگانیسم‌ها نیز دارای توانایی درک کردن و احساس کردن اند (مارگولیوس و ساگان، ۲۰۰۰: ۲۷). احساس کردن و واکنش نشان دادن برای بقای جانداران و گونه آن‌ها حیاتی است؛ از این رو، باید نسبت به محرک‌های خارجی حساس و با محیط خود سازگار باشند (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۲۰). در همان زمان که جانداران و محیط در حال ارتباطی متقابل اند، حیات توسعه می‌یابد. به عنوان نتیجه تکامل و انتخاب طبیعی، جانداران بیشتر و بیشتر با محیط سازگار می‌شوند و هم‌زمان به آن شکل می‌دهند. توانایی نسبی در رفتارهای سازگانه پیچیده ویژگی اصلی سیستم‌های زنده به شمار می‌آید. در نظریه خودسازمان‌دهی^۲، سازگاری توجه به توانایی سیستم‌ها برای توسعه و حفظ نظم ذاتی خود بدون کنترلی از خارج تعریف می‌شود. فرایند خودسازمان‌دهی و هموستازی^۳ در طبیعت بی‌جان نیز در زمینه‌های مختلف یافت می‌شود (اویلر^۴، ۲۰۰۰). بنابراین، نگرش مبتنی بر سازگاری و خودسازمان‌دهی را می‌توان پلی دانست که فاصله میان پدیده‌ها را در طبیعت جاندار و بی‌جان پُر می‌کند و نقش کلیدی برای درک حیات و آگاهی دارد.

معیار سازگاری توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۴ رتبه چهارم اهمیت را نسبت به سایر معیارها به دست آورد و همچنین به عنوان یکی از معیارهای اصلی حیات انتخاب شود. خم شدن درختانی که در مسیر باد قرار دارند، هم‌رنگ شدن آفتاب‌پرست با محیط به منظور استتار، صیقلی شدن سنگ‌های کف رودخانه و بسیاری دیگر از جمله مصداق‌های سازگاری در طبیعت‌اند.

بهینه‌سازی

جانداران زنده باید از لحاظ مصرف انرژی کارآمد باشند تا امکان بقا داشته باشند (گروبر، ۲۰۱۱: ۹۷). از این رو، همه

1. Margolius and Sagan
2. Self-organizing
3. Homoeostasis
4. Euler

فرایندها و ساخت‌وسازهای طبیعی از لحاظ مصرف انرژی بهینه شده‌اند و از این نظر همه آنها از اصول طراحی طبیعت پیروی می‌کنند (ناختیگال، ۱۹۹۷: ۲۱). در همین راستا، پاولین (۲۰۱۱) سیستم‌های زنده را به سبب ویژگی‌هایی نظیر «پیچیدگی، یک‌پارچگی، و همزیستی»، «چرخه بسته و بدون ضایعات»، «سازگاری با تغییرات دائمی»، «عدم استفاده از سموم دائمی»، «گسترده‌گی و تنوع»، «کارکردن با انرژی خورشیدی»، و «بهینه‌بودن به‌عنوان یک سیستم کامل»، بهترین الگو برای رسیدن به پایداری زیست‌محیطی در جهان معاصر معرفی می‌کند.

معیار بهینه‌سازی توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۴ رتبه چهارم اهمیت را نسبت به سایر معیارها و به‌طور مشترک با معیار سازگاری به‌دست آورد و همچنین یکی دیگر از معیارهای اصلی حیات نیز انتخاب شود. بهینه‌بودن ساختار گیاهان یا اسکلت جانوران از نظر صرف ماده، استفاده مستقیم و غیرمستقیم گیاهان و جانوران از انرژی خورشیدی، چندعملکردی بودن و بازیافت کامل ارگانیسم‌ها و بسیاری دیگر از جمله مصداق‌های بهینه‌سازی در طبیعت‌اند.

نظم

«فرایندهای حیاتی به الگوهای (نظم‌های) شگفت‌انگیز و سه‌بندی در موجودات زنده، کندوهای عسل، شهرها، و در کل حیات سیاره‌ای منجر شده است» (مارگولیوس و ساگان، ۲۰۰۰: ۴). نظم روشن‌ترین معیار حیات است (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۴۴) که به معنی قرارگرفتن هر چیز در جای خود و با سلسله‌مراتب مشخص هم شامل نظم ریاضی هم شامل نظم فیزیکی می‌شود. نظم ریاضی به معنی هماهنگی کالبدی و دربرگیرنده مفاهیمی چون تکرار، ریتم، تقارن، تعادل و توازن است و نظم فیزیکی به معنی هماهنگی عملکردی و دربرگیرنده مفاهیمی چون هویت فردی و جمعی، استقلال، دوام، انسجام، و پیوستگی (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۴۴-۱۵۳) است. هر بخشی از هر نظام دارای طیفی از مقیاس‌های مختلف است. از این رو، سلسله‌مراتب جزء و گونه‌ای از نظم است. سلسله‌مراتب نقش بسیار مهمی در سیستم‌های زنده ایفا می‌کند. «تقریباً هر چیزی که دارای حیات واقعی است دارای درجه‌بندی (سلسله‌مراتب) معین و مشخصی است» (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۱۶۹).

همان‌طور که در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است، معیار نظم توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۴٫۷ رتبه دوم اهمیت را نسبت به سایر معیارها به‌دست آورد. همچنین، از آنجا که نظم پایه و اساس همه معیارهای حیات و همچنین هر پدیده طبیعی و مصنوعی را تشکیل می‌دهد، از سوی متخصصان معیار بنیادی حیات انتخاب شد. تقارن محوری جانوران، نظم ریاضی، و سلسله‌مراتب موجود در دانه‌های گل آفتاب‌گردان (اسپیرال) و دانه‌های برف (فراکتال)، نظم عملکردی موجود در انتقال ژن از نسلی به نسلی دیگر و بسیاری موارد دیگر از جمله مصداق‌های نظم موجود در طبیعت است. خداوند در قرآن در آیه «انا کل شیء خلقناه بقدر» (قمر: ۴۹) بر نظم موجود در کل خلقت نیز تأکید می‌کند.

نفوذپذیری

نفوذپذیری در علوم زیستی شامل تبادل ماده، انرژی، و اطلاعات با محیط است. نفوذپذیری میزان عملکرد هر سیستم را با توجه به مرزهایی که از طریق آن تبادل انجام می‌گیرد تعریف می‌کند (گروبر، ۲۰۱۱: ۱۲۵). مرز بین دو پدیده به جای اینکه صرفاً حد فاصلی فاقد بُعد باشد، ناحیه‌ای صلب است که واجد شکل و خصوصیات منسجم و منحصربه‌فرد خویش است. از این روست که به‌عنوان مثال ضخامت غشای سلول به اندازه قطر کل سلول است (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۲۲۱). زیرا بخش اعظم ساختار شیمیایی که برای کنترل مبادلات بین بخش داخلی و خارجی آن مورد نیاز است (نفوذپذیری) در آنجا فراهم شده است. فضای خالی که در عمده سیستم‌های زنده قابل مشاهده است نیز یکی از مراکز موثر جهت تبادل با محیط است.

معیار نفوذپذیری توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۳/۷ رتبه پنجم اهمیت را نسبت به سایر معیارها به دست آورد. همچنین، از آنجا که نفوذپذیری، برخلاف پنج معیار قبلی، لازمه ایجاد حیات در طبیعت نبوده، بلکه به پیدایش آن کمک و آن را تقویت می‌کند، از سوی متخصصان به عنوان معیار مکمل انتخاب شد. گشودگی‌های بدن جانوران، باز و بسته شدن گل‌ها، ترک‌های روی یک سطح رسی، خلل و فرج سنگ‌های آذرین و بسیاری موارد دیگر از جمله مصداق‌های نفوذپذیری موجود در طبیعت‌اند.

مرکز نیرومند

«مهم‌ترین ویژگی یک سیستم زنده این است که کلیت‌های متنوعی که در سطوح مختلف درون آن سیستم زنده وجود دارند ... در عمل به‌مثابه مراکز نیرومند پدیدار می‌شوند» (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۱۱۹). در تعریف مرکز نیرومند می‌توان گفت هر بخشی از هر نظام که «تعیین‌یافته» باشد یک مرکز نیرومند است؛ کانونی که ما را مجذوب خود می‌کند. میدان اثر و نیرومندی هر مرکز به‌وسیله مراکز مجاور تقویت می‌شود. هر مرکز نیرومند از تعداد بسیاری مراکز قدرتمند دیگر ساخته می‌شود. حضور یک کانون مرکزی را در سیستم‌های زنده می‌توان احساس کرد؛ در حالی که این کانون خود از شمار فراوانی از مراکز مختلف در سطوح گوناگون ساخته شده است (الکساندر، ۱۳۹۲ الف: ۱۲۵). این مراکز به‌واسطه ایجاد سلسله‌مراتب لایه‌ها، تغییر هندسه و مقیاس، ایجاد عمق و درخشندگی و ... به‌مثابه مراکز نیرومند جلب توجه می‌کنند. معیار مرکز نیرومند توانست در فرایند دلفی از میان معیارهای مترادف دیگر انتخاب شود و با کسب میانگین ۳/۴ رتبه ششم و آخر اهمیت را نسبت به سایر معیارها به دست آورد. همچنین، مرکز نیرومند، همانند نفوذپذیری، از سوی متخصصان به عنوان معیار مکمل انتخاب شد. ریشه در گیاهان، قلب و مغز در جانوران، خورشید در منظومه شمسی، نیروی جاذبه در سطح کره زمین، هسته در اتم و بسیاری موارد دیگر از جمله مصداق‌های مرکز نیرومند در طبیعت‌اند.

جدول ۸. معیارهای حیات

ردیف	معیارهای حیات	تعریف	مثال (در طبیعت)
۱	مجموعیت	هر بخش از هر نظام هم‌زمان هم قائم به ذات خود است هم همیشه بخشی از نظامی بزرگ‌تر در جهان پیرامون خود که عمیقاً به آن متصل است.	برهان بل یک‌پارچگی بنیانی میان ساختار ماده و فضا و اصل ماخ ارتباط عمیق ذرات ماده به هم را بیان می‌کند.
۲	تکامل	هر بخش از هر نظام یا باید به‌وسیله یک نیروی خارجی به حرکت درآید یا با نیرویی که در درون آن نهاده شده است.	تکثیر گیاهان و تولید مثل جانوران، تحول یک هسته به گیاه یا یک نطفه به حیوان نظریه انتخاب طبیعی
۳	سازگاری	توانایی سیستم‌ها برای توسعه و حفظ نظم ذاتی خود بدون کنترلی از خارج از سیستم	خمشدن درختان در باد، تغییر رنگ آفتاب‌پرست، صیقلی شدن سنگ‌های کف رود
۴	بهبودسازی	هر بخش از هر نظام باید از لحاظ مصرف انرژی کارآمد باشد تا امکان بقا داشته باشد. بهبودسازی هم در ماده هم انرژی، هم اطلاعات اتفاق می‌افتد.	بهبودبودن ساختار گیاهان یا اسکلت جانوران از نظر صرف ماده، استفاده مستقیم و غیرمستقیم از انرژی خورشیدی
۵	نظم	نظم به معنی قرارگرفتن هر چیز در جای خود، هم شامل نظم ریاضی هم شامل نظم فیزیکی (عملکردی) است. هر بخشی از هر نظام دارای طیفی از مقیاس‌های مختلف است.	نظم و سلسله‌مراتب موجود در دانه‌های گل آفتاب‌گردان و برف، نظم موجود در انتقال ژن از نسلی به نسلی دیگر
۶	نفوذپذیری	شامل تبادل ماده انرژی، و اطلاعات با محیط است. نفوذپذیری میزان عملکرد هر سیستم را با توجه به مرزهایی که از طریق آن تبادل انجام می‌گیرد تعریف می‌کند.	گشودگی‌های بدن جانوران، باز و بسته شدن گل‌ها، ترک‌های روی یک سطح رسی، و خلل و فرج سنگ‌های آذرین
۷	مرکز نیرومند	هر بخشی از هر نظام که «تعیین‌یافته» باشد یک مرکز نیرومند است؛ کانونی که ما را مجذوب خود می‌کند. میدان اثر و نیرومندی هر مرکز به‌وسیله مراکز مجاور تقویت می‌شود.	ریشه در گیاهان، قلب و مغز در جانوران، خورشید در منظومه شمسی، نیروی جاذبه در زمین، هسته در اتم

منابع

۱. قرآن کریم، ترجمه محمدرضا همدانی.
۲. احمدی، فضل‌الله؛ نصیریانی، خدیجه و اباذری، پروانه، ۱۳۸۷، تکنیک دلفی: ابزاری در تحقیق، مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، دوره ۸، ش ۱، صص ۱۷۵-۱۸۵.
۳. الکساندر، کریستوفر، ۱۳۹۲ الف، سرشت نظم، ج ۱: پدیده حیات، ترجمه رضا سیروس صبری و علی اکبری، تهران: پرهام نقش.
۴. الکساندر، کریستوفر، ۱۳۹۲ ب، سرشت نظم، ج ۲: فرایند آفرینش حیات، ترجمه رضا سیروس صبری و علی اکبری، تهران: پرهام نقش.
۵. انصاری، مجتبی، ۱۳۶۸، اصول طراحی معماری اسلامی و سنتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته معماری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
۶. باین، ویلیام و هری پل، ۱۳۸۹، برج بیونیک: زندگی در شهر عمودی، ترجمه سارا شریعتی، فصل‌نامه معماری و فرهنگ، س ۱۱، ش ۳۶، صص ۳۵-۴۲.
۷. جوادی آملی، عبدالله، ۱۳۷۸، حیات حقیقی انسان در قرآن، قم: نشر اسراء.
۸. حافظنیا، محمدرضا، ۱۳۸۹، مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، تهران: سمت.
۹. ژاردن، لوسین، ۱۳۹۰، بیونیک: تکنولوژی از جانداران الهام می‌گیرد، ترجمه محمود بهزاد و پرویز قوامی، تهران: نشر سروش.
۱۰. سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس و حجازی، الهه، ۱۳۸۵، روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، تهران: آگاه.
۱۱. شروینگر، اروین و دیگران، ۱۳۸۰، حیات چیست؟ دیدگاه‌های برجسته دانشمندان معاصر، ترجمه محمدنبی سربلوکی، تهران: نشر مرکز.
۱۲. فخر طباطبایی، سیدمحمد، ۱۳۷۵، برخورد سیستمی با طبیعت زنده، تهران: شرکت سهامی انتشار.
۱۳. فیض‌آبادی، محمود، ۱۳۹۱، تبیین مبانی نظری معماری تکنولوژیک مبتنی بر سازواره‌های طبیعی در ایران، رساله دکتری رشته معماری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
۱۴. قربانی، رسول و تیموری، راضیه، ۱۳۸۹، تحلیلی بر نقش پارک‌های شهری در ارتقای کیفیت زندگی شهری با استفاده از الگوی Escaping-Seeking نمونه موردی: پارک‌های شهری تبریز، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ش ۷۲، صص ۴۷-۶۲.
۱۵. لینچ، کوین، ۱۳۸۱، سیمای شهر، ترجمه منوچهر مزینی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۶. محمودی‌نژاد، هادی، ۱۳۹۱، تبیین مبانی آموزش خلاقیت در معماری زیست‌مبنا، رساله دکتری رشته معماری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
۱۷. معین‌مهر، صدیقه، ۱۳۹۷، تبیین اصول معنایی حیات پایدار در محله در جهت بسترسازی کمال انسان بر مبنای اسم‌حی، رساله دکتری رشته معماری، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
۱۸. منصوریان، علیرضا و گلستان، مهدی، ۱۳۸۷، مهندسی خلاقیت بیونیک، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
۱۹. نصر، سیدحسین، ۱۳۵۹، نظر متفکران اسلامی درباره طبیعت، انتشارات خوارزمی، تهران.
۲۰. نصر، سیدحسین، ۱۳۸۴، دین و نظم طبیعت، ترجمه ان‌شاءالله رحمتی، تهران: نشر نی.
۲۱. نقی‌زاده، محمد، ۱۳۸۸، مبانی هنر دینی در فرهنگ اسلامی: مبانی و نظام فکری، تهران: نشر شهر.

22. Holly Quran, Translated by Mohammadreza Hamedani.

23. Ahmadi, F.; Nasiriani, Kh. and Abazari, P., 2008, Delphi Technique: A research Tool, *Iranian Journal of Medical Education*, Vol. 8, No. 1, PP. 175-185.

24. Aldersey-Williams, H., 2003, *Zoomorphic - New Animal Architecture*, Laurence King Publishing Ltd., London.

25. Alexander, Ch., 2003a, *The Nature of Order*, Book 1: *The Phenomenon of Life*, Tranlated by R. Sirus Sabri and A. Akbari, Tehran: Parham Naghsh Publishing.
26. Alexander, Ch., 2003b, *The Nature of Order*, Book 2: *The Process of Creating Life*, Tranlated by R. Sirus Sabri and A. Akbari, Tehran: Parham Naghsh Publishing.
27. Ansari, M., 1989, *Principles of Islamic and Traditional Architectural Design*, Master thesis in architecture, Tehran: Tarbiat Modares University.
28. Bain, W. and Paul, H., 2010, Bionic Tower; Living in Vertical City, Translated by S. Shariati, *Quarterly journal of Architecture and Culture*, No. 36, pp. 35-42.
29. Bell, J., 1987, *Peakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge: Cambridge University Press.
30. Benyus, J. M., 1997, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, , Newyork: William Morrow.
31. Campbell, N. A. and Markl, J., 2000, *Biology*, Berlin: Spektrum Akademie Verlag.
32. Doczi, G., 2005, *The Power of Limits: Proportional Harmonies in Nature, Art, and Architecture*, Shambhala Publications, Colorado.
33. Euler, M., 2000, *Biologie in unserer Zeit 30. Jahrgang, Selbstorganisation, Strukturbildung und Wahrnehmung*, Weinheim: Wiley.
34. Fakhr Tabatabaei, S. M., 1996, *Living Things*, Tehran: Enteshar Joint Stock.
35. Feizabadi, M., 2012, *Theoretical Explanation of Architectural Technology in Iran with the Emphasis on Natural Organisms*, Ph.D. dissertation in architecture, Tehran: Tarbiat Modares University.
36. Feuerstein, G., 2002, *Biomorphic Architecture, Human and animal figures in architecture*, Edition Axel Menges, Stuttgart.
37. Gerarden, L., 2011, *Bionics: Technology inspired by creatures*, Translated by M. Behzad and P. Ghavami, Tehran: Soroush Publishing.
38. Ghorbani, R. and Teimouri, R., 2010, An Analysis on the Role of Urban Parks in Urban Life Quality Improvement; Using “Seeking – Escaping” Method, The Case: Urban Parks of Tabriz, *Human Geography Research Quarterly*, No. 72, PP. 47-62.
39. Gruber, P., 2011, *Biomimetics in Architecture, architecture of life and buildings*, Springer, Vienna.
40. Gruber, P.; Bruckner, D.; Hellmich, C.; Schmiedmayer, H.B.; Stachelberger, H. and Gebeshuber, I.C., 2011, *Biomimetics - Materials, Structures & Processes*, Vienna: Springer.
41. Hafeznia, M. R., 2010, *An Introduction to the Research Method in Humanities*, Tehran: SAMT Publishing.
42. Hoffmeyer, J., 1997, Biosemiotics: Towards a New Synthesis in Biology, *European Journal for Semiotic Studies*, Vol. 9, No. 2, PP. 355-376.
43. Iouguina, A., 2013, *Biologically Informed Disciplines: A comparative analysis of terminology within the fields of bionics, biomimetics, and biomimicry*, Master Thesis, Ottawa: Carleton University.
44. Javadi Amoli, A., 1999, *The True Life of Man in the Quran*, Qom: Asra Publishing.
45. Lynch, K., 2002, *The Image of the city*, Translated by M. Mozayeni, , Tehran: University of Tehran Press.
46. Mach, E., 1960, *The Science of Mechanics*, Open Court Publishing, LaSalle, IL.
47. Mahmoudinejad, H., 2012, *Explaining the Principles of the Education of Creativity in Bio-architecture*, Ph.D. dissertation in architecture, Tehran: Tarbiat Modares University,.
48. Mansourian, A. and Mahdi Golestan, 2008, *Bionics Creativity Engineering*, Tehran: Industrial Malek Ashtar University of Technology Press.

49. Margolius, L. and Sagan, D., 2000, *What is Life?*, Berkeley: University of California Press.
50. Mazzoleni, I., 2013, *Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles For Innovative Design*, CRC Press, London.
51. Moein Mehr, S., 2018, *The semantics of life and vitality in Islamic teachings and its effect on the neighborhood*, Ph.D. dissertation in architecture, Isfahan: Art University of Isfahan.
52. Nachtigall, W., 1997, *Vorbild Natur, Bionik - Design für funktionelles Gestalten*, Berlin: Springer.
53. Nachtigall, W., 2005, *Construction Bionics, Nature, Analogy, Technology*, Berlin: Springer.
54. Naghizadeh, M., 2009, *The Principles of Religious Art in Islamic Culture*, Tehran: Shahr Press.
55. Nasr, S.H., 1980, *Conceptions of Nature in Islamic Thought*, Tehran: Kharazmi Publishing.
56. Nasr, S.H., 2005, *Religion and the order of nature*, Translated by E. Rahmati, Tehran: Ney Publishing.
57. Okoli, Ch. & Pawlowski, S., 2004, The Delphi method as a research tool: an example, *design considerations and applications, Information and Management*, Vol. 42, No. 1, PP. 15-29.
58. Oliver, P., 2007, *Dwellings: The Vernacular House Worldwide*, London: Phaidon.
59. Otto, Frei et al., 1985, *Natural Constructions, Forms and Structures in Nature and Technology and Processes of Their Creation*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
60. Pawlyn, M., 2011, *Biomimicry In Architecture*, London: Riba Publication.
61. Pohl, G. & Nachtigall, W., 2015, *Biomimetics for Architecture & Design, Nature - Analogies - Technology*, NewYork: Springer.
62. Portoghesi, P., 2000, *Nature And Architecture*, Milan: Skira.
63. Sarmad, Z., Bazargan, A. and Hejazi, E., 2006, *Research Methods in Behavioral Sciences*, Tehran: Agah Publishing.
64. Schrodinger, E. et al., 2001, *What is Life? Prominent views of contemporary scholars*, Translated by M. Sarbolouki, Tehran: Markaz Publishing.
65. Windle, P., 2004, Delphi Technique: assessing component needs, *J. Perianesth Nurs*, Vol. 19, No. 1, PP. 7-46.