

تدوین راهکار های بهره وری از مکانیسم های زیستی (بیومیمیکری) به منظور دستیابی به

انعطاف پذیری جنبشی در طراحی معماری

تاریخ دریافت مقاله :

۱۴۰۳/۶/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله :

۱۴۰۳/۰۸/۲۷

علی زارعی محمود آبادی^۱لیلا زارع (نویسنده مسئول)^۲

چکیده

یکی از مشکلات مهم امروزی در معماری این است که طراحی ساختمان‌ها نمی‌تواند به تغییرات عملکردی و اقلیمی در طول زمان پس از ساخته شدن پاسخ دهد. این مسئله به عنوان یکی از چالش‌های اساسی در طراحی ساختمان‌ها تلقی می‌شود. نزدیک شدن به این مشکل با استفاده از طراحی جنبشی، امکانات جدیدی را برای طراحی فراهم می‌کند. در این زمینه، بیومیمیکری که رویکردی برای استفاده و شبیه‌سازی ساختارهای طبیعی است، می‌تواند راهنمای حل مسئله باشد. هدف این مطالعه، آزمون فرضیه‌ای است که بر اساس آن، استفاده از مکانیسم‌های جنبشی الهام‌گرفته از ارگانیسم‌های زیستی می‌تواند راه‌حلی برای تغییرات ظرفیت و نیازهای عملکردی و اقلیمی فراهم کند. طراحی جنبشی با الهام از مکانیسم‌های زیستی می‌تواند امکانات جدیدی برای مقابله با این مشکل به ارمغان آورد. این مطالعه با توجه به سنت کیفی تحقیق و با روش تحلیلی-توصیفی و تطبیقی، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیل و آنالیز داده به بررسی استفاده از مکانیسم‌های الهام‌گرفته از طبیعت برای ارائه راهکارهایی جهت انعطاف‌پذیری در طراحی معماری می‌پردازد و در این راستا سه پروژه مطرح در دنیا را بر مبنای مولفه‌های استخراج‌شده مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهد. بیومیمیکری به عنوان رویکردی برای بهره‌گیری و شبیه‌سازی ساختارهای طبیعی، می‌تواند راهنمایی مؤثر در این زمینه باشد. نتایج این تحقیق با بررسی سه پروژه مطرح در این حوزه نشان می‌دهد که با تطبیق اصول بیومیمیکری در طراحی معماری، می‌توان به انعطاف‌پذیری مطلوب دست یافت و ساختمان‌هایی طراحی کرد که نه تنها پایدارتر، بلکه با تغییرات محیطی و نیازهای کاربران نیز همگام باشند. در نهایت، این رویکرد می‌تواند به بهبود کارایی و افزایش عمر مفید ساختمان‌ها منجر شود.

کلمات کلیدی: بیومیمیکری، ساختارهای طبیعی، انعطاف پذیری، معماری جنبشی

۱- پژوهشگر دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (zare@wtiau.ac.ir)



۱- مقدمه

امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی مصالح و تاسیسات مکانیکی، عمر آثار معماری بسیار طولانی تر از گذشته شده است. اما با توجه به مسائلی همچون تحولات جمعیتی، تغییرات اقلیمی و تغییر در عملکرد فضا طی زمان، برای رسیدن به معماری با دوام و پایدار نیازمند به انعطاف پذیری بیش از گذشته در بناهای امروزی هستیم. با توسعه فناوری، فرهنگ ها، سبک زندگی، نیازها و انتظارات جوامع به سرعت در حال تغییر است. معماری نیز متأثر از این تحولات و تغییرات است. در حالی که ماندگاری و مقاومت زمانی مهم ترین معیار طراحی در معماری در دوران قدیم بود، تغییرپذیر بودن سازه و پاسخگویی به نیازهای متغیر از جمله ویژگی های مورد توجه امروز است. به منظور ایجاد فضاهایی که بتوان با نیازهای مختلف تطبیق یابند و با توجه به تغییرات و تعداد کاربران تغییر کنند، سازه هایی با قابلیت حرکت به عنوان راه حل در نظر گرفته می شوند. در این مورد، رویکرد طراحی جنبشی، امکانات جدیدی را برای حل مسائل ارائه می دهد.

زندگی امروزی پویا است، بنابراین فضایی که ما در آن زندگی می کنیم نیز باید پویا باشد، قابل تنظیم با نیازهای ما که به طور مداوم به مفهوم طراحی و خلق و خوی ما تغییر می کند. ساختمان های جنبشی می توانند از ریتم های طبیعت پیروی کنند و می توانند جهت و شکل خود را از بهار به تابستان، از طلوع تا غروب خورشید تغییر دهند و خود را با آب و هوا تطبیق دهند تا ساختمان ها زنده باشند (David, 2008).

موجودات، گیاهان و حیوانات در طبیعت برای رفع نیازهای خود مانند تغذیه، سرپناه، تولیدمثل و حفاظت در طول زندگی خود دائماً در حرکت هستند. طبیعت طیف گسترده ای از ساختارهای جنبشی پیچیده و مکانیسم های جذاب را ارائه می دهد. در این زمینه، «بیومیمتیک» که رویکردی برای استفاده و شبیه سازی شکل های طبیعت است، به حل مشکلات طراحی در مفاهیم انعطاف پذیری عملکردی و معماری جنبشی کمک می کند.

در این مطالعه، استفاده از مکانیسم های جنبشی الهام گرفته از زیست، که انعطاف پذیری در معماری را فراهم می کنند، به منظور اجازه دادن به تغییرات در عملکرد و ظرفیت در محدوده انعطاف پذیری عملکردی و تغییرات دمایی در محدوده انعطاف پذیری محیطی در طراحی، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه هایی از موجودات طبیعی که می توانند شکل خود را تغییر دهند و موجوداتی که میتوانند خود را با تغییرات اقلیمی سازگار کنند مورد بررسی قرار گرفتند و از طریق تحلیل نمونه های موردی نشان داده شد که انعطاف پذیری را می توان با تطبیق اصول کار موجودات زنده با سیستم فرم و ساختار ساختمان به دست آورد. انقلاب بیومیمتیک اکنون به عنوان یک دستورالعمل اصلی برای محیط های ساخته شده پایدارتر در نظر گرفته می شود، به این معنی که ساختمان ها به جای استخراج عناصر از طبیعت، بر یادگیری از طبیعت متمرکز هستند.

۲- پیشینه و مبانی نظری تحقیق

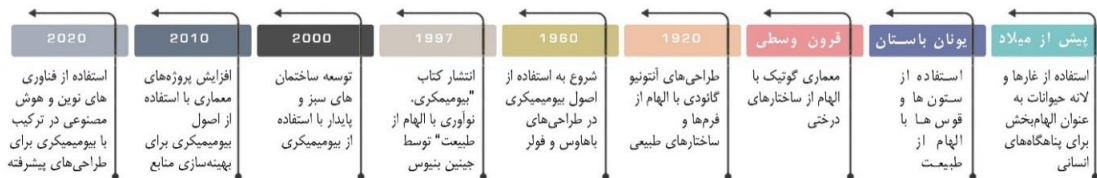
پیشینه ی این پژوهش در دودسته ی انعطاف پذیری و بیومیمیکری مورد بررسی قرار گرفت که در (جدول ۱) گردآوری شده است

جدول ۱: پیشینه پژوهش

ردیف	نویسندگان	عنوان	سال	ملاحظات صورت گرفته
۱	اشنایدر و تیل	Flexible Housing: Opportunities and Limits	۲۰۰۵	انعطاف پذیری در درجه اول تنوع واحدها را در یک چیدمان معماری در نظر می گیرد، ثانیاً شامل توانایی واحدها برای سازگاری و تغییر در طول زمان می شود و در نهایت ساختمان ها را قادر می سازد تا با عملکردهای جدید سازگار شوند (Schneider & Till, 2005).
۲	رابرت اشمیت سوم و همکارانش	WHAT IS THE MEANING OF ADAPTABILITY IN THE BUILDING INDUSTRY?	۲۰۱۰	انعطاف پذیری را به عنوان ظرفیت بافت ساختمان برای برآورده کردن مؤثر تقاضاهای در حال تحول و در نتیجه به حداکثر رساندن ارزش آن در طول زندگی تفسیر می کنند (Schmidt III, Eguchi, Austin, & Gibb, 2010).
۳	استاجی	A review of flexibility and adaptability in housing design	۲۰۱۷	انعطاف پذیری را به عنوان پتانسیل یک ساختمان برای پاسخگویی به خواسته های مورد انتظار، سازگاری خود با این تقاضا و بازآرایی تعریف می کند (Estaji, 2017).
۴	علیرضا عینی فر	الگوی برای تحلیل انعطاف پذیری در مسکن سنتی ایران	۱۳۸۲	به ویژگی های عملکردی، ساختاری و فضایی عناصر تثبیت شده، نیمه تثبیت شده و متغیر فضا در مفهوم انعطاف پذیری توجه کرده است. همچنین بیان شده که امکان تطبیق فضاهای واحدهای مسکونی با نیازهای جدید و در حال تغییر خانواده، پاسخ به عملکردهای متنوع در زمان واحد و استفاده از فصل مشترک فضاهای مسکن در مقیاس های مختلف، از نکات مهم قابل رعایت در طراحی مجموعه های مسکونی جدید است. با درک بهتر از مفهوم انعطاف پذیری، استفاده مفید و بهینه از فضاهای طراحی شده میسر شده و تفاوت میان کیفیت فضاهای واحدهای مسکونی هم مساحت آشکارتر میشود. به این ترتیب میان کمیت و کیفیت خانه، به جای رابطه ای مستقیم و یک به یک، ارتباطی درونی و متکی به مفاهیم عمیق طراحی و خلاقیت طراح برقرار خواهد شد (عینی فر، ۱۳۸۲).
۵	مهدی زندیه، سید رحمان اقبال و پدram حصاری	روشهای طراحی مسکن انعطاف پذیر	۱۳۹۰	" بیان داشته اند که ساخت و ساز مسکن باید به گونه ای انعطاف پذیر باشد که با نیازهای در حال تغییر و خواسته های کاربران متناسب باشد و آنها را برآورده سازد. این مقاله حوزه های اصلی انعطاف پذیری و مفاهیم مربوط به سازگاری، تنوع پذیری و تغییر پذیری در زمینه مسکن را تجزیه و تحلیل کرده که انعطاف پذیری اشاره به راهی بی پایان در طراحی دارد که اجازه میدهد تغییرات بی پایان باشند و همچنین توصیه هایی در راستای انعطاف پذیری مسکن امروز ارائه داده است که استفاده از دیتال های پیش ساخته، استفاده از رویکرد مدولار و ... از این موارد است (زندیه و همکاران، ۱۳۹۰).

۶	رحمان اقبالی و پدرام حصاری	رویکرد مدولار و پیش ساختگی در مسکن انعطاف پذیر	۱۳۸۲	همچون مقالات قبلی به این موضوع اشاره دارد که ساختمانی ساخته شود که بتواند در طول زمان تغییر کند و خانه ها امکان بازسازی دائمی و ارتقای کیفیت در آنها پیش بینی شده باشد. به طور کلی الگویی تعیین شود که الگویی همراه با طبیعت و دوست دار خواسته های متنوع بشریت باشد. ساختمانهایی که براساس معماری پایدار و انعطاف پذیر طراحی شده اند فوایدی از قبیل پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارند (اقبالی و حصاری، ۱۳۸۲).
۷	مارتا باروزی و همکارانش	sustainability The of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture	۲۰۱۶	بیان میکنند که معماری جنبشی رویکردی نوین در طراحی معماری است که با استفاده از پوسته ها و سیستم های سایه اندازی تطبیق پذیر، امکان تغییر و تطبیق ساختمان با شرایط محیطی و نیازهای کاربران را فراهم می کند و به بهبود کارایی انرژی و پایداری محیطی کمک می کند (Barozzi, 2016)
۸	پدرسن زری	An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment	2023	استفاده از بیومیمیکری را به عنوان فرآیند طراحی به دو بخش تقسیم می کند. طراحی به دنبال زیست شناسی و طراحی موثر بر زیست شناسی است. طراحی به دنبال زیست شناسی؛ روشی است که به بررسی چگونگی حل این مشکل در طبیعت برای تعریف و حل مسئله طراحی می پردازد. این واقعیت که طراحان مشکل را شناسایی کرده و از خواص مکانیکی یک فرم یا موجود در طبیعت تقلید می کنند، این روش را توضیح می دهد. طراحی تاثیرگذار زیست شناسی؛ این روشی برای به کارگیری داده های به دست آمده با بررسی ویژگی های خاص یک موجود زنده در طراحی است. در هر دو رویکرد، سه سطح تقلید وجود دارد که می تواند برای یک مسئله طراحی اعمال شود. ارگانسیم، رفتار و اکوسیستم سطح ارگانسیم شامل تقلید از برخی یا همه موجودات در طبیعت است. سطح رفتار شامل تقلید از طریق بررسی نحوه عملکرد موجودات زنده در طبیعت در محیط خود است. سطح اکوسیستم تقلید از کل اکوسیستم است (Verbrugghe, Rubinacci, & Khan, 2023)
۹	بادارنا	"Form Follows Environment: Biomimetic Approaches To Building Envelope Design For Environmental Adaptation Buildings"	۲۰۱۷	اصطلاح بیومیمتیک را رسیدن به راه حل با الگوبرداری از استراتژی ها، مکانیسم ها و اصول موجود در طبیعت تعریف می کند، فرآیند طراحی بیومیمتیک نیازمند تعامل بین رشته ای است و شامل سه حوزه مسئله، ماهیت و راه حل است. فرآیند طراحی این مراحل را دنبال می کند. شناسایی مشکل، کشف سیستم های طبیعی، تجزیه و تحلیل اصول، انتزاع، انطباق با یک مفهوم طراحی، اعمال برای حل یک مشکل است (Badarnah, 2017).

با در نظر گرفتن این نظرات، انعطاف پذیری را می توان به عنوان ساختارهایی تعریف کرد که می توانند با تغییر نیازهای کاربر در طول زمان سازگار شوند، با عملکردهای مختلف سازگار شوند، به اثرات عوامل خارجی واکنش نشان دهند. امروزه انعطاف پذیری را می توان با مفاهیمی مانند سازگاری، مدولار بودن، رشد، تغییر، دگرگونی و تحرک بررسی کرد. همچنین سیر تحولات بیومیمیکری در (شکل ۱) طبقه بندی شده است.



شکل ۱ - سیر تحولات بیومیمیکری در معماری

۳- پرسش های پژوهش

برای پاسخگویی به هدف اصلی پژوهش نیاز است به پرسشهای ۱- مولفه های اصلی انعطاف پذیری در معماری چیست و چگونه میتوان با به کار گیری اصول بیومیمیکری به آن دست یافت؟ ۲- چگونه میتوان با به کار گیری مکانیسم های زیستی جنبشی به طراحی بیومیمیکری دست یافت؟

۴- مواد و روش تحقیق

این پژوهش در باب موضوع مکانیسم های زیستی به منظور دستیابی به انعطاف پذیری در معماری بر پایه روش تحقیق کیفی و با راهبرد تحلیلی توصیفی می باشد و پس از بررسی بیومیمیکری و انعطاف پذیری با روش اسنادی و کتابخانه ای و منابع الکترونیکی بر اساس بیان، تحلیل، توصیف و تفسیر مطالب موجود به مولفه های تاثیر گذار در آنها دست یافته است و سپس بر اساس مولفه های بدست آمده به تحلیل پروژه های مطرح پرداخت. همچنین چارت مبانی نظری در (شکل ۲) تعبیه شده است.



شکل ۲: چارت مبانی نظری

۵- چهار چوب نظری پژوهش

۵-۱- انعطاف پذیری در معماری

انعطاف پذیری در معماری به معنای قابلیت ساختار یا سیستم برای تطبیق و تغییرات بهینه‌ای است که برای مقابله با شرایط متغیر و نیازهای مختلف در زمان، مکان و فعالیت‌های مختلف مورد نیاز است. این مفهوم نه تنها شامل انعطاف‌پذیری فیزیکی یا ساختاری نیست بلکه از جنبه‌های مختلفی از جمله فنی، فرآیندی، اجتماعی و فرهنگی را در بر می‌گیرد.

انعطاف پذیری در لغت به معنای قابلیت برای تغییر پذیری، قابلیت برای سازگاری با شرایط و تغییرات جدید، تغییرپذیر بودن و قابلیت برای مقابله با شرایط متغیر است. انعطاف پذیری در طراحی شامل فعالیت‌هایی است که در ارتباط با تغییرپذیری برای دستیابی به عملکرد و کاربری جدید صورت می‌پذیرد (افهمی، ۱۳۹۲، ۱۷۷). در معماری و طراحی محیط منظور از واژه انعطاف پذیری فضایی و سازماندهی فضایی انسان ساخت و تغییرات در آن برای دستیابی به شرایط، نیازها و کاربست‌های جدید است (عینی فر، ۱۳۸۲، ۶۶). اگر چه فضای معماری به کالبد و ساختار فیزیکی مانند کف و سقف در دیوارها محدود می‌شود ولی این ساختار بهتر است به گونه‌ای تغییرپذیر طراحی شوند. هدف از ایجاد فضاهای انعطاف پذیر ایجاد فضاهای جدید برای عملکردهای مورد نیاز با تغییرات ساده در ساختار کالبدی است. از طرفی نحوه‌ی پاسخ گویی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد و این که چگونه با حفظ هویت مکان تغییرات اعمال می‌شود. در مطالعه‌ی واژه‌ی انعطاف پذیری دیدیم که سازگاری با تغییرات جدید مدنظر است که با کمی دقت به این تعریف متوجه اهمیت و تشابه واژه تطبیق پذیری و سازگاری با واژه انعطاف پذیری می‌شویم، تمایز این دو واژه از تعریف لغوی قابل تشخیص است (افهمی، ۱۳۹۲، ۱۷۷).

کاربران در طول زندگی سعی می‌کنند گزینه‌هایی را انتخاب کنند که متناسب با هویت و شخصیت آنها باشد. آنها انتظار دارند که ساختارها با آنها تطبیق داده شود. در واقع، کاربران انتظار طراحی‌های کاربردی و انعطاف‌پذیری را دارند که بتوانند زمانی راحت و با کیفیت را سپری کنند (Kizmaz & Cimsit Kos, 2015). از آنجایی که اکثر سازه‌ها به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که اجازه تغییرات قابل توجهی داده نمی‌شود، برای اطمینان از انعطاف پذیری سازه، تلاش زیادی می‌طلبند. با این حال تغییر سبک زندگی نیز از این قاعده مستثنی نیست. به همین دلیل، کاربران گزینه‌های مختلفی را می‌طلبند. این تقاضا مفهوم معماری انعطاف پذیر را مطرح می‌کند (Kronenburg, 2007).

گفتمان‌های زیادی در مورد مفهوم معماری انعطاف پذیر در ادبیات وجود دارد. به خصوص بعد از دهه ۱۹۵۰، ذکر گروپیوس مبنی بر اینکه معماران باید ظرفی انعطاف پذیر برای جریان زندگی طراحی کنند، نه بنای یادبود، در استفاده از رویکردهای انعطاف پذیری در معماری مؤثر بود. به گفته کالینز (۱۹۶۵)، انعطاف‌پذیری نوعی کارکردگرایی است و اجازه می‌دهد تا طرح‌ها برای پیکربندی‌های مختلف در سناریویی که معمار تعیین می‌کند، سفارشی شود. به طور مشابه، تاپان (۱۹۷۲) انعطاف پذیری را به عنوان کارکردگرایی در نظر گرفت و مفهوم انعطاف پذیری را به عنوان استفاده از فضاهای یکسان برای عملکردهای مختلف تفسیر کرد (İslamoğlu & Usta, 2018).

مفهوم انعطاف پذیری در طول زمان مفاهیم، ورودی‌ها و تغییرات زیادی را به همراه داشته است. تعریف انعطاف پذیری فقط به عنوان استفاده از فضاهای یکسان برای بیش از یک عملکرد کافی نبود. نوربرگ-شولز انعطاف پذیری را به دو

صورت تعریف می کند. رشد یا انقباض سازه با افزودن یا حذف عناصر بدون از دست دادن یکپارچگی سازه و قابلیت جایگزینی عناصر و روابط با پارتیشن های متحرک (Norberg-Schulz, 1996). کروننبرگ (۲۰۰۴) از این تعاریف حمایت می کند و معماری انعطاف پذیر را به عنوان معماری تعریف می کند که می تواند به جای رکود سازگار شود، به جای رد تغییر به تغییر پاسخ دهد و بیشتر متحرک است تا ایستا (Kronenburg, 2007).

۵-۱-۱- مولفه های انعطاف پذیری در معماری

میتوان مولفه های اصلی انعطاف پذیری را در سه دسته ی اصلی طبقه بندی کرد که در (شکل ۳) آمده است.



شکل ۳ - مولفه های انعطاف پذیری در معماری، (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

همانطور که از مثال‌ها مشاهده می‌شود، حرکت نقش مهمی در مفاهیم انعطاف‌پذیری دارد. به همین دلیل، رویکردهای جنبشی در طراحی معماری، میتواند انعطاف‌پذیری عملکردی را ممکن سازد.

۵-۲- معماری جنبشی

در دوران باستان فقط معیارهای طراحی مانند توصیف عملکرد، مقاومت در برابر شرایط خارجی و ماندگاری مورد توجه قرار می‌گرفت. امروزه این معیارهای طراحی به دلیل تقاضاهای روزافزون و در حال تغییر جامعه مدرن، توسعه فناوری و تغییر عوامل محیطی ناکافی هستند. برای رفع این نیازها، طراحی ساختارهای انعطاف پذیر و پاسخگو ضروری است. از آنجایی که فضاهای ثابت نمی‌توانند به نیازهای دائماً در حال تغییر پاسخ دهند، امروزه معماران به دنبال طراحی سازه‌هایی هستند که می‌توانند تغییر کنند، سازگار و پویا باشند و با محیط و نیازها سازگار شوند. این درک را معماری جنبشی در معماری می‌نامند (İnan, 2014).

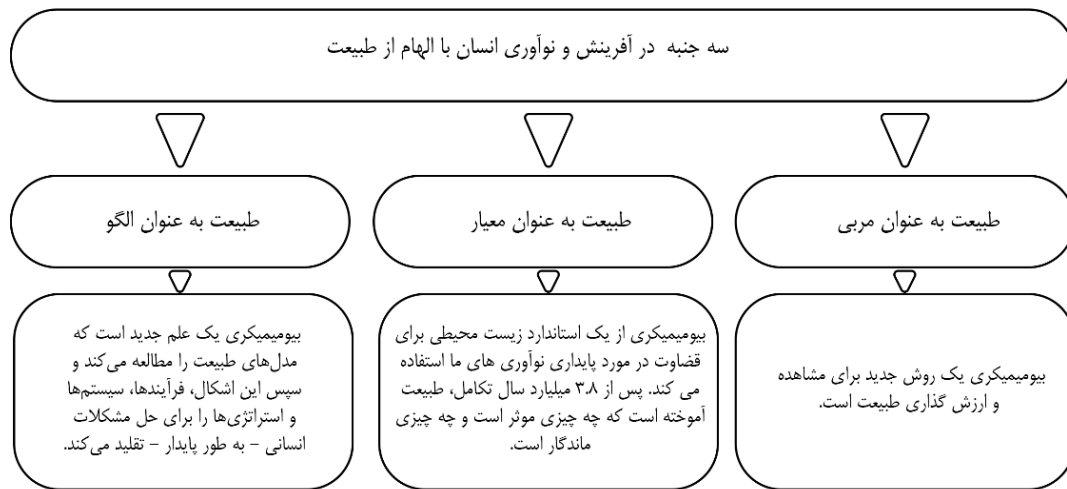
چارلز ایستمن (۱۹۷۲) در مورد مفهوم معماری جنبشی صحبت کرد و پیشنهاد کرد که معماری می‌تواند به عنوان یک سیستم بازخورد خود تطبیقی طراحی شود تا مطابق با نیازهای کاربر پویا باشد (Yiannoudes, 2016). به گفته فاکس (۲۰۰۲)، سازه‌ها یا عناصر ساختمانی با حرکت، موقعیت و هندسه متغیر به عنوان معماری جنبشی تعریف می‌شوند (Fox, 2001). از سیستم‌های جنبشی انتظار می‌رود که از نظر فیزیکی متغیر باشند، بنابراین، به جای ساختارهای بزرگ با عملکردهای زیاد، می‌توان ساختارهایی تولید کرد که بتوانند تمام عملکردها را با حرکت یک جزء انجام دهند.

به گفته شان سی هری (۲۰۰۶)، استفاده از سیستم های جنبشی در معماری بر درک فضا بسیار موثر است. تغییر ادراک از فضا با تغییر ابعاد سطوح تشکیل دهنده فضا امکان پذیر است (Harry, 2006). با توجه به تمام این تعاریف، معماری جنبشی را می‌توان به عنوان معماری تعریف کرد که می‌تواند با توجه به نیازهای کاربر یا شرایط فیزیکی محیطی تغییر و تحول کند.

۵-۳- بیومیمیکری

در سال ۱۹۴۱، مهندس سوئیسی جورج دمسترال در حال بازگشت از یک سفر شکار با سگش بود که متوجه شد تعدادی دانه همچنان به لباس و پوست سگش می‌چسبند. او مشاهده کرد که آنها حاوی چندین "قلاب" بودند که با یک حلقه به هر چیزی گیر می‌دادند و از مطالعه این گیاه، هفت سال بعد، قلاب و حلقه بست را اختراع کرد. مفهوم الهام گرفتن از طبیعت، تقلید و تکرار رفتار ارگانیسم‌های زیستی توسط جانین بنیوس در کتاب بیومیمیکری- نوآوری با الهام از طبیعت (۱۹۹۷) رایج شد که در آن نویسنده سه جنبه را معرفی می‌کند که در آفرینش و نوآوری انسان با الهام از طبیعت کمک میکند (Sun, 2024).

بیومیمیکری، بیونیک، بیومیمتیک، و اصطلاحات مشابه، همگی به تقلید از طبیعت به یک روش یا روش دیگر اشاره دارند. تقریباً ۷۰ سال است که بیومیمیکری و نام‌های مستعار آن توسط دانشگاهیان با یک تعریف کلی از درس گرفتن از طبیعت و ترکیب آن استفاده می‌شود (Verbrugge et al., 2023). اولین نمونه طراحی بیومیمتیک به تحقیقات عباس ابن فیرناس و بعداً لئوناردو داوینچی بر روی پرندگان در حال پرواز برمی‌گردد. او مکانیسم حرکتی بال‌های پرندگان را در بسیاری از وسایل پرواز و سیستم‌های سقف به کار برد. آثار او نشان داده است که طبیعت بهترین معلم در اختراعات بشر است (Asefi & Foruzandeh, 2011).



شکل ۴ - سه جنبه در آفرینش و نوآوری انسان با الهام از طبیعت

معماری بیومیمتیک یک رویکرد علمی چند رشته ای برای طراحی پایدار است که فراتر از استفاده از طبیعت به عنوان الهام بخش زیبایی شناسی است، بلکه بیشتر به مطالعه و به کارگیری اصول ساخت و ساز که در محیط ها و گونه های طبیعی یافت می شود، می رود.

بیومیمیکری، به عنوان یک رشته از علم، عمدتاً به عنوان راه حلی برای مشکلات طراحی با الهام از مدل ها، سیستم ها و عناصر طبیعی تعریف می شود. برای محیط ساخته شده، استفاده از طبیعت به عنوان راهنما می تواند پایداری را افزایش دهد یا حتی فراتر از آن رفته و رویکردی احیا کننده ایجاد کند. این امر در بخش ساختمان برای تکامل به سمت یک اقتصاد دایره ای و پایدار و کاهش انتشار گاز های گلخانه ای از نظر مصرف انرژی مهم است (Verbrugghe et al., 2023).

بیومیمیکری راهنمای حل مسائل با ایده های زیستی طبیعت است. در رشته های مختلف با مفاهیمی مانند بیونیک، طراحی زیستی، بیومیمیکری، بیومیمسیس مواجه می شود. اگرچه این مفاهیم ممکن است متفاوت به نظر برسند، اما در واقع حاوی یک ایده هستند. بیومیمتیک، طراحی الهام گرفته از طبیعت، به معنای تقلید از فرایندهای بیولوژیکی، مانند سنتز پروتئین و فتوسنتز، و یا مواد بیولوژیکی تولید شده در آنزیم ها و ابریشم، برای ایجاد راه حل مشکلات مختلف در رشته های مختلف است. (Arslan Selçuk, 2009).

توانایی های طبیعت الهام بخش مکانیسم ها، دستگاه ها و روبات های جدید است. نمونه ای از این توانایی دارکوب در دمیدن درخت بدون آسیب رساندن به مغزش یا توانایی بسیاری از موجودات در پرواز، حفاری، شن، راه رفتن، پریدن، بالا رفتن است. می توان دستگاه های مینیاتوری ایجاد کرد که مانند اژدها قدرت مانور بالایی داشته باشند، مانند مارمولک به دیوارهای صاف و سخت بچسبند، مانند آفتاب پرست با بافت سازگار شوند، بدن خود را بازسازی کردند تا از لوله های باریکی مانند اختاپوس عبور کنند (Bar-Cohen, 2006).

۵-۳-۱- بیومیمیکری در معماری

الزامات امروزی برای معماری اغلب پیچیده است و نیاز به یک رویکرد جامع برای سیستم‌های ساختمانی مبتکرانه، کاربردی و پایدار دارد. این تقاضاهای فزاینده برای محیط ساخته شده باعث شده است که معماران به توسعه بیومیمیک در معماری برای بهبود اثرات تکنولوژیکی، زیبایی شناختی و زیست محیطی یک ساختمان به طور فزاینده ای علاقه مند شوند. ساختارهای طبیعی پدیده هایی هستند که معماران می توانند از آنها بیاموزند تا معماری بهتری برای نیازهای این عصر خلق کنند. بیوسیستم به طور طبیعی با تغییرات محیطی سازگار می شود و طراحان با تقلید از این سازگاری، با طبیعت سازگاری می یابند. بیومیمیکری پاسخی به ایجاد محیط‌های ساخته شده بسیار انعطاف پذیر و سازگار با محیط زیست است (Pawlyn, 2019).

همانند شاخه های مختلف علم و طراحی، داده های زیستی پارادایم های جدیدی را در زمینه معماری ایجاد خواهند کرد. از دوران باستان می توان تأثیر زیست شناسی بر معماری را در آثار معماری تولید شده مشاهده کرد. به عنوان یک سبک معماری، بیومیمیک تنها قیاس شکل طبیعی باقی می ماند و کارکردهای بیولوژیکی و آنچه را که از این کارکردها می آموزند نادیده می گیرد (Verbrugghe et al., 2023).

۵-۳-۲- مؤلفه های بیومیمیکری برای بهره وری از مکانیسم های زیستی-جنبشی

در (شکل ۵) مولفه های بیومیمیکری به منظور بهره وری از مکانیسم های زیستی-جنبشی جهت رسیدن به انعطاف پذیری در معماری مشخص شده است.



شکل ۵: مؤلفه های بیومیمیکری برای بهره وری از مکانیسم های زیستی-جنبشی در انعطاف پذیری

۶- تحلیل و بررسی نمونه های موردی

این پژوهش در ادامه با توجه به مولفه های استخراج شده در (شکل ۵) به بررسی، تحلیل و آنالیز مولفه های بیومیمیکری برای بهره‌وری از مکانیسم‌های زیستی- جنبشی به منظور دستیابی به انعطاف پذیری در طراحی را در سه پروژه ی مطرح معماری می‌پردازد.

۶-۱- مرکز ایستگیت

برای تحلیل یک پروژه‌ی موردی در زمینه بیومیمیکری و بهره‌برداری از مکانیسم‌های زیستی-جنبشی، پروژه‌ی مرکز ایستگیت در هراهره، زیمبابوه، که توسط معمار میک پیرس طراحی شده است، یکی از نمونه‌های بسیار شناخته‌شده و موفق است.



شکل ۶: تحلیل مرکز ایستگیت

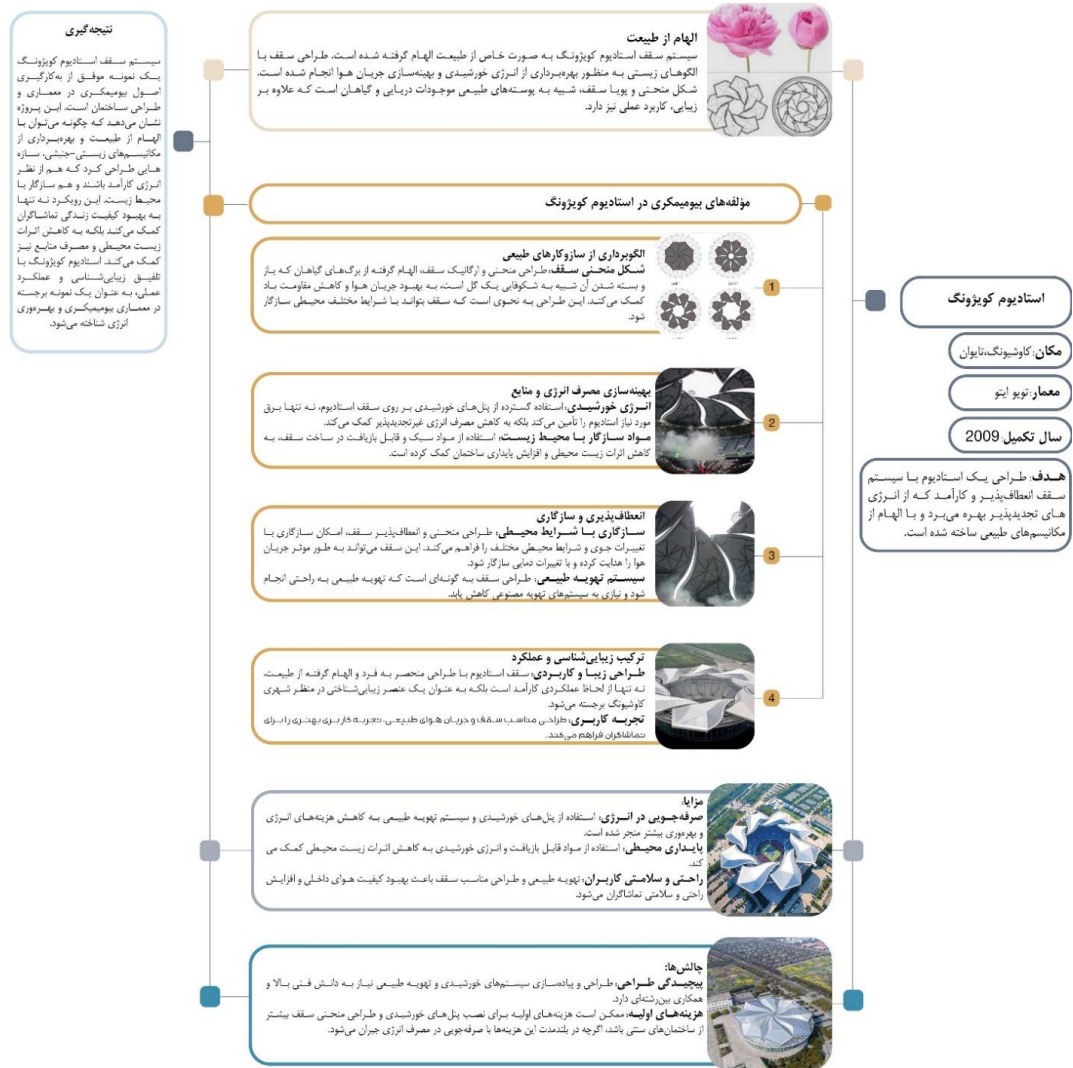
۶-۲- موزه هنر میلواکی

سانتیاگو کالاتراوا در طراحی این موزه از ساختارهای طبیعی و زیستی الهام گرفته است. یکی از بارزترین ویژگی های این موزه، بال های متحرک آن است که شبیه به بال های یک پرنده طراحی شده اند. این بال ها قادرند باز و بسته شوند، که نه تنها زیبایی بصری فوق العاده ای ایجاد می کنند بلکه کاربرد عملی نیز دارند. این بال ها می توانند به کنترل نور و جریان هوا در داخل موزه کمک کنند، که از لحاظ بهره وری انرژی بسیار مؤثر است.



۶-۳- استادیوم کوپژونگ

طراحی استادیوم کوپژونگ به طور عمده از الگوهای طبیعی الهام گرفته شده است. این استادیوم با استفاده از اصول بیومیمیکری، به ویژه در طراحی سقف و سیستم های تهویه، توانسته است به یک نمونه موفق از معماری پایدار تبدیل شود.



شکل ۸: تحلیل استادیوم کوپژونگ

۶-۴- تحلیل بر اساس نظر پدرسن زری

همچنین بر اساس نظریه پدرسن زری، سه نمونه ی بررسی شده در دو رویکرد طراحی به دنبال زیست‌شناسی و طراحی مؤثر بر زیست‌شناسی در شکل ۹ تحلیل شده اند.



شکل ۹: تحلیل بر اساس نظر پدرسن زری

طرح و برنامه ریزی
در معماری و شهرسازی

۸-ماخذ

۱. افهمی، ر.، و عزیزاده، م. (۱۳۹۲). انعطاف‌پذیری معماری مسکن در عصر تحولات جمعیتی. کتاب ماه هنر، (۱۷۷)، ۴۳-۵۰.
۲. اقبالی، س. ر.، و حصاری، پ. (۱۳۹۲). رویکرد مدولار و پیش‌ساختگی در مسکن انعطاف‌پذیر. مسکن و محیط روستا، ۳۲(۱۴۳)، ۶۸-۵۳.
۳. زندیه، م.، اقبالی، س. ر.، و حصاری، پ. (۱۳۹۰). روش‌های طراحی مسکن انعطاف‌پذیر. نقش جهان، (۱)، ۸۱-۹۰.
۴. عینی فر، ع. (۱۳۸۲). الگویی برای تحلیل انعطاف‌پذیری در مسکن سنتی ایران. هنرهای زیبا، (۱۳)، ۳۱-۴۰.
5. Arslan Selçuk, S. (2009). Proposal for a non-dimensional parametric interface design in architecture: A biomimetic approach. [Unpublished master's thesis]. Middle East Technical University.
6. Asefi, M., & Foruzandeh, A. (2011). Nature and kinetic architecture: The development of a new type of transformable structure for temporary applications. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 5(6), 533-539.
7. Badarnah, L. (2017). Form follows environment: Biomimetic approaches to building envelope design for environmental adaptation. *Buildings*, 7(2), 40. <https://doi.org/10.3390/buildings7020040>
8. Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics—using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics*, 1(1), P1. <https://doi.org/10.1088/1748-3182/1/1/P01>
9. Barozzi, M., Lienhard, J., Zanelli, A., & Monticelli, C. (2016). The sustainability of adaptive envelopes: Developments of kinetic architecture. *Procedia Engineering*, 155, 275-284.
10. David, F. (2008). Architecture, residential/dynamic architecture.
11. Estaji, H. (2017). A review of flexibility and adaptability in housing design. *International Journal of Contemporary Architecture*, 4(2), 37-49. <https://doi.org/10.14621/tna.20170204>
12. Fox, M. A. (2001). Sustainable applications of intelligent kinetic systems. Paper presented at the Second International Conference on Transportable Environments.
13. Harry, S. C. (2006). Responsive kinetic systems. [Master's thesis, University of Cincinnati].
14. İnan, N. (2014). Kinetik yapı tasarımında işlevsel esneklik ve entegre sistemlerin kullanım önerisi. [Unpublished PhD thesis]. Gazi University Institute of Science and Technology.
15. İslamoğlu, Ö., & Usta, G. (2018). Mimari tasarımda esneklik yaklaşımlarına kuramsal bir bakış. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 8(4), 673-683.
16. Kizmaz, K. C., & Cimsit Kos, F. (2015). Esneklik kavramında kullanıcı katılımının önemi ve güncel yaklaşımlar. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 38-43. <https://doi.org/10.20854/befmbd.59800>
17. Kronenburg, R. (2007). Flexible architecture that responds to change. Laurence King Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2005-B0008>

18. Pawlyn, M. (2019). *Biomimicry in architecture* (2nd ed.). RIBA Publishing.
19. Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., & Gibb, A. (2010). What is the meaning of adaptability in the building industry? *Open and Sustainable Building*, 233-242.
20. Schneider, T., & Till, J. (2005). Flexible housing: Opportunities and limits. *Arq: Architectural Research Quarterly*, 9(2), 157-166. <https://doi.org/10.1017/S1359135505000199>
21. Sun, L. (2024). Biomimicry as an approach to sustainable architecture. *International Journal of High School Research*, 6(1).
22. Verbrugghe, N., Rubinacci, E., & Khan, A. Z. (2023). Biomimicry in architecture: A review of definitions, case studies, and design methods. *Biomimetics*, 8(1), 107. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010107>
23. Vincent, J. (2000). Deployable structures in nature: Potential for biomimicking. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 214(1), 1-10. <https://doi.org/10.1177/095440620021400101>
24. Zari, M. P., & Storey, J. B. (2007, September). An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment. In *Sustainable building conference* (Vol. 7).
25. Yiannoudes, S. (2016). *Architecture and adaptation: From cybernetics to tangible computing*. Routledge.

Compilation of efficiency strategies from biological mechanisms (biomimicry) in order to achieve kinetic flexibility in architectural design

Ali, Zareie Mahmuod abadi ¹
Leila, Zare (corresponding author) ²

Abstract:

One of the most significant challenges facing contemporary architecture is the inability of buildings to respond effectively to evolving functional needs and climatic changes after their construction. This static nature often leads to inefficiencies, rapid obsolescence, and a reduced useful lifespan for buildings. Addressing this problem through kinetic design introduces new possibilities, enabling structures to dynamically adapt to environmental and user-related variations over time. In this context, biomimicry—an innovative approach involving the study and emulation of natural forms, processes, and mechanisms—can act as a guiding strategy for architects. The aim of this research is to evaluate the hypothesis that kinetic mechanisms inspired by biological organisms can provide tangible solutions for enhancing flexibility in architectural design, effectively meeting changing spatial and climatic demands.

This study is based on a qualitative research tradition, employing analytical-descriptive and comparative methods through comprehensive literature review and case analysis. Drawing on pioneering concepts in the field, such as the adaptive capacities observed in living systems, the research explores how architects can learn from nature to create buildings that mimic the flexibility and resilience found in biological structures. Three exemplary international projects, recognized for their innovative use of biomimetic strategies, were examined in depth to extract key design components and evaluate their success in achieving functional adaptability.

The findings demonstrate that integrating biomimicry within kinetic architectural design empowers buildings to flexibly transform in response to shifting requirements, thus enhancing performance, sustainability, and occupant comfort. Moreover, such an approach aligns with broader movements towards sustainable development and circular economy in construction, contributing to environmental compatibility and energy efficiency. Ultimately, biomimicry-driven kinetic architecture presents a promising pathway for the creation of enduring, user-oriented buildings that remain relevant amidst accelerating social, technological, and environmental changes of the modern age.

Keywords: Biomimicry, Natural structures, flexibility, Kinetic architecture

¹ PhD Researcher in Architecture, Faculty of Art and Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Assistant professor of creative economy research center of west tehran branch , islamic Azad university, tehran, Iran (email: zare@wtiau.ac.ir)