Urban Ecological Research *Open Access*

Summer (2024) 15(2): (Series 35): 1-20

https://doi.org/10.30473/grup.2022.58055.2604

Received: 01/April/2021 Accepted: 09/Aug/2022

ORIGINAL ARTICLE

Developing a Conceptual Model for Qualitative Evaluation of Building Envelopes with Biomimicry Approach to Improve Urban Ecology, Case Study: Barin Ski Resort in Shemiranat

Sarasadat Tajareh[1], Farah Habib[2*], Hadiseh Kamran Kasmaei[3]

1. Ph.D Candidate, Department of Architecture, Pardis Branch, Islamic Azad University, Pardis, Iran .
2. Professor, Department of Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Architecture, Pardis Branch, Islamic Azad University, Pardis, Iran.

Correspondence
Farah Habib
Email:F.habib.1186@gmail.com

How to cite
Tajareh, S., Habib, F., & Kamran Kasmaei, H. (2024). Developing a Conceptual Model for Qualitative Evaluation of Building Envelopes with Biomimicry Approach to Improve Urban Ecology, Case Study: Barin Ski Resort in Shemiranat. *Urban Ecological Research*, 15(2), 1-20

ABSTRACT

This study aimed to develop a conceptual model to use the biomimicry approach in design of building envelopes to improve urban ecology. The research was descriptive-analytical and the required data were provided by library and field studies of buildings designed with biomimicry approach. For this purpose, first, biomimicry approach was identified, then twenty samples of biomimetic envelopes were examined, then components and criteria were extracted. The dependency system of the criteria was measured and the importance of each criterion was determined using a network analysis process with a survey of twenty experts in this field and they were weighted with the help of Super-decisions software. As a result, for functional, physical, and formal components, the relevant criteria and sub-criteria were determined according to their importance. Then, a conceptual model of quality evaluation of building envelopes with biomimicry approach was developed. The novelty of this research is the study of biomimicry approach in Iranian envelopes with nature-oriented design. In this regard, using a quality evaluation model, Barin ski building was evaluated so that according to its strengths and weaknesses, designers can make more effective decisions in design of biomimetic building envelopes in Iran.

KEYWORDS

Building Envelopes, Biomimicry Approach, Urban Ecology, Shemiranat Barin Ski Resort.

© 2024, by the author (s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه علمی
پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری

سال پانزدهم، شماره دوم، (پیاپی سی و پنجم)، تابستان ۱۴۰۳، (۲۰-۱)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸

DOI: https://doi.org/10.30473/grup.2022.58055.2604

«مقاله پژوهشی»

تدوین مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی جهت بهبود اکولوژی شهری، مطالعه موردی: اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات

سارا سادات تجاره[۱]، فرح حبیب[۲]*، حدیثه کامران کسمایی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران.
۲. استاد، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران.

نویسنده مسئول: فرح حبیب
رایانامه: F.habib.1186@gmail.com

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تدوین مدل مفهومی جهت استفاده از رویکرد زیست تقلیدی در طراحی پوسته‌های ساختمانی در راستای بهبود اکولوژی شهری انجام شده است. تحقیق از نظر ماهیت توصیفی – تحلیلی بوده و داده‌های مورد نیاز به کمک مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی ساختمان‌هایی که با رویکرد زیست تقلیدی طراحی شده بودند تأمین گردید. برای این منظور ابتدا رویکرد زیست تقلیدی شناسایی شد سپس بیست نمونه از پوسته‌هایی که توسط معماران در سراسر دنیا با استفاده از این رویکرد طراحی شده بودند بررسی گردید و مؤلفه‌ها و معیارهای مرتبط استخراج گردیدند. پس از حذف معیارهای تکراری و تنظیم آن‌ها نظام وابستگی معیارها سنجیده شد و به کمک فرآیند تحلیل شبکه‌ای با نظرسنجی از بیست تن از نخبگان و متخصصان این حوزه میزان اهمیت هر معیار مشخص گردید و با کمک نرم‌افزار سوپردسیژنز وزن‌دهی شد. سپس برای مؤلفه‌های عملکردی، کالبدی و شکلی معیارها و زیرمعیارهای مربوطه با توجه به میزان اهمیت آن‌ها مشخص گردید و مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی تدوین شد. نوآوری این تحقیق بررسی رویکرد زیست تقلیدی در پوسته‌های اجرا شده ایرانی بوده که در این راستا با استفاده از مدل ارزیابی کیفی تدوین شده، ساختمان بارین اسکی در شمیرانات ارزیابی شد تا با توجه به نقاط قوت و ضعف آن طراحان ایرانی بتوانند تصمیمات موثرتری در طراحی پوسته‌های ساختمانی با توجه به رویکرد زیست تقلیدی که از رویکرد های نوین پایداریست، بگیرند.

واژه‌های کلیدی

پوسته‌های ساختمانی، رویکرد زیست‌تقلیدی، اکولوژی شهری، اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات.

استناد به این مقاله:

تجاره، سارا سادات؛ حبیب، فرح و کامران کسمایی، حدیثه (۱۴۰۳). تدوین مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی جهت بهبود اکولوژی شهری، مطالعه موردی: اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات. *فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۵(۲)، ۲۰-۱.

مقدمه

استفان کلرت[1] در سال ۲۰۰۵ روابط انسان با طبیعت را در چند گروه تقسیم‌بندی کرد: اول لذت و جاذبه زیبایی فیزیکی طبیعت[2]، دوم تحت سلطه در آوردن طبیعت[3]، سوم دلبستگی احساسی به طبیعت[4]، چهارم رابطه اخلاقی و روحی با طبیعت[5]، پنجم رابطه مستقیم و تجربی با طبیعت[6]، ششم رابطه همراه با ترس از طبیعت[7]، هفتم مشاهده و مطالعه تجربی طبیعت[8]، هشتم رابطه سمبلیک یعنی طبیعت به‌عنوان منبع نمادها[9] و نهم طبیعت به‌عنوان منبع سود مادی[10] (Baumeister, 2014: 77). گلابچی رابطه انسان و طبیعت را در سیر تاریخی خود از تسلط یک‌جانبه و سخت‌گیرانه طبیعت بر انسان در دوران باستان و تقدس در مصر مطرح کرده و جایگاه خاص آن در یونان و ستایشش در روم را یادآور شده است. همچنین در ایران نیز طبیعت تصوری از جلوه جاودان الهی تلقی می‌شده است. سپس مضموم پنداشته شدن آن در قرون وسطی مطرح شد و در عصر رنسانس از عرش تقدس به وسیله‌ای برای ثروت اندوزی تبدیل شد و در دوره مدرن موضوع اندیشه و تفکر اندیشمندان واقع گردید (گلابچی، ۱۳۹۳: ۲). قارونی اصفهانی هم رابطه انسان و طبیعت را در گذر تاریخی در چهار دوره تحول خلاصه کرده است:

۱. طبیعت و الگو واره ارگانیک: (دوره شکار یا عصر حجر) دوره قرار داشتن انسان تحت سلطه طبیعت.

۲. طبیعت و الگو واره فرا ارگانیک: (دوره دام، دوره کشاورزی) در این دوره انسان در جستجوی هماهنگ کردن خود با طبیعت است.

۳. طبیعت و الگو واره تسلط بر طبیعت: در این دوره سطح توقع بشر از طبیعت فراتر از امنیت و آسایش رفته و رفاه و لذت طلبی را نیز دنبال می‌کند، انسان به دنبال حداکثر بهره‌برداری از طبیعت به نفع خود است. حتی اگر شده با غارت آنچه از انقلاب صنعتی به بعد اوج می‌گیرد.

۴. طبیعت و الگو واره شبه ارگانیک: در این دوره بحران‌های زیستی منجر به راه‌حل‌های سازگار با طبیعت شده است (قارونی اصفهانی، ۱۳۹۴: ۱۳).

بشر امروز در دوره چهارم است و برای بهبود اکولوژی شهری نیاز به هماهنگی و سازگاری بیش‌تر با طبیعت دارد تا از آسیب رساندن به آن جلوگیری به عمل آید. در این دوره با توجه به بحران‌های محیط زیستی نیاز به تغییر دیدگاه از استراتژی‌های منفعت طلب و خودخواهانه به استراتژی‌های دوستدار محیط زیست کاملاً درک می‌شود. اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت[11]، تخمین می‌زند که انسان به دلیل تخریب‌هایی که در زنجیره ایجاد می‌کند، حداقل هزار برابر نرخ تغییرات طبیعی، تغییر ایجاد می‌کند که این موضوع طبیعت را تحت‌فشار گذاشته و منجر به انقراض گونه‌ها شده است و در این شرایط بحرانی استفاده از رویکردهای طبیعت محور در محصولات انسانی امری ضروری است (Mazzoleni, 2013: 13). پس از آنجا که ظرفیت دنیا ثابت است اما جمعیت انسان‌ها و نیازهای آن‌ها مدام رو به افزایش است، باید رو به سوی رویکردهایی داشت که کم‌ترین تأثیرات منفی را بر زمین می‌گذارند. هم سیاره‌ای‌های انسان میلیون‌ها سال پیش شروع به زیست در این سیاره کرده‌اند و از زمان اولین باکتری‌ها با گذر زمان و شرایط متغیر حیات یاد گرفته‌اند که چگونه پرواز کنند، چگونه پیرامون خشکی و دریا را بپیمایند و چگونه در اعماق اقیانوس و یا بلندای مرتفع‌ترین قلل زندگی کنند. در مجموع، ارگانیسم‌های زنده در تبدیل سنگ و دریا به خانه‌ای مناسب برای زندگی در محدوده دمایی معین در چرخه‌های مختلف فصلی بسیار موفق بوده‌اند و می‌توانند الگوی مناسبی به شمار روند (Baumeister, 2014: 9). از طرفی صنعت مسکن از عوامل اصلی ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی است که سازگاری با محیط زیست می‌تواند از این اثرات منفی بکاهد (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۸۷). لذا طبق بررسی‌های انجام شده یکی از بهترین رویکردهای سازگار با محیط زیست و اثبات شده با آموزه‌های طبیعت رویکرد زیست تقلیدی است. رویکرد زیست تقلیدی در ایران با نام بایونیک هم شناخته شده است و واژه لاتین آن بیومیمیکری[12]، است. این رویکرد فرصت‌های بی‌شماری را برای خلاقیت مجدد، برنامه‌ریزی مجدد و تغییر و بازسازی ارائه می‌دهد که می‌تواند در بهبود

1. Stephen Kellert
2. Aesthetic
3. Dominionistic
4. Humanistic
5. Moralistic
6. Naturalistic
7. Negativistic
8. Scientific
9. Symbolic
10. Utilitarian
11. IUCN: International Union for Conservation of Nature
12. Biomimicry

اکولوژی شهری مؤثر واقع گردد. در پاسخ به این سؤال که در طراحی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی و بهبود اکولوژی شهری چه معیارهایی می‌توان متصور بود و چگونه می‌توان میزان اهمیت آن‌ها را سنجید، به نظر می‌رسد می‌توان مدلی مفهومی جهت ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی، با رویکرد زیست تقلیدی ارائه کرد. لذا ارائه مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی هدف این پژوهش قرار گرفت که در این راستا ابتدا تعاریف اندیشمندان مرتبط با موضوع بررسی شد و سپس نمونه‌های انجام شده در دنیای امروز مورد مطالعه قرار گرفتند تا معیارهای مورد توجه طراحان در طراحی منطبق با رویکرد زیست تقلیدی استخراج گردد. از جنبه نوآورانه این تحقیق تهیه یک مدل ارزیابی کیفی بر این اساس است تا بتوان آن‌ها را در ایران نیز بکار گرفت و با توجه به نقاط قوت و ضعف، میزان نزدیکی ایده با معیارهای طبیعت مشخص شود و به این ترتیب در طراحی پوسته‌های هم‌راستا با معیارهای طبیعت پیشرفت حاصل شود و از حجم آلودگی‌های ایجاد شده در این منطقه کاسته شود.

مبانی نظری

چارچوب نظری

بیولوژی یا زیست‌شناسی مطالعه زندگی است. تعریف زندگی عملی چالش‌برانگیز است، با این حال، اکثر دانشمندان بر این باورند که صفات مشخصی را می‌توان برای انواع مختلف زندگی قائل شد. ارگانیسم‌های زنده برای نگهداری و تأمین انرژی تحت تأثیر فرایندهای شیمیایی قرار می‌گیرند. سلول‌ها از طریق یک چرخه ثابت از تجزیه و ترکیب مواد اجزای سلولی انرژی می‌گیرند. موجودات زنده به صورت جنسی یا غیرجنسی تکثیر می‌شوند و می‌توانند با فرآیند تکامل با محیط اطرافشان انطباق پیدا کنند به‌نوعی آن‌ها قادر به تکامل و انطباق با محیط زیست خود در طول زمان هستند، به‌طوری که ویژگی‌های یک گونه از نسلی به نسل دیگر تغییر می‌کند. آن‌ها به محرک‌ها پاسخ می‌دهند و در انجام این کار هوموستازی را حفظ می‌کنند. زندگی پویا است، به این معنی که همه صفات که زنده‌بودن یک موجود را مشخص می‌کنند، دارای فرایندهایی حساس و پاسخگو هستند (Mazzoleni, 2013: 26).

امروزه در بسیاری از بهترین دانشکده‌های مهندسی این مطلب که زیست‌شناسی آینده مهندسی است ثابت شده است و تأثیر عمیق آن در معماری هم با رویکرد زیست تقلیدی هویدا است. در این رویکرد تأثیر طبیعت بر معماری تأثیری صرفاً ظاهری نیست بلکه به دنبال یافتن نبوغ نهفته در فرم‌های طبیعی جهت استفاده از آن در تسهیل عملکردها و بهینه‌سازی فرم‌ها است تا به راهکارهایی پایدار دست یابد. در میان پژوهشگران ایرانی گلابچی هدف معماران از وارد شدن به دنیای بایونیک و زیست تقلید را ابداع در زمینهٔ معماری می‌داند و مطرح می‌کند که معماران با تحقیق در حوزه‌های مشترک بین معماری و زیست‌شناسی در پی یافتن الگوهای مناسب و کشف ایده‌های بدیع و انتقال خصوصیات بایولوژیکی به معماری هستند (گلابچی و خرسند نیکو، ۱۳۹۳: ۱۰۵).

می‌توان گفت از آخرین سال‌های سده اول پیش از میلاد ویتروویوس در کتاب خود معماری بر اساس مفاهیم سه‌گانه پایداری، کارایی و زیبایی را مطرح کرده است (حجت، ۱۳۹۳: ۱۱۵) و به مفهوم معماری با طبیعت معتقد بود و از نظر او معماری در فراهم نمودن سرپناهی که بتواند از طبیعت به نحوی هماهنگ استفاده کند ارزش می‌یابد. در گذشته معماران، مهندسان و طراحان جامعه ساختمان را نوعی سرپناه می‌دانستند که باعث انفصال فیزیکی افراد از محیط می‌شود. با گذر زمان دنیا با شیوه‌های مختلف معماری آشنا شد و معماران از کلیشه‌ها جدا شدند. رابطه بین هنر، طبیعت و معماری عمیق‌تر شده و با بالا رفتن کیفیت و کمیت اطلاعات فرم ساختمان‌ها هم هوشمندانه‌تر شد (محمودی‌نژاد، ۱۳۹۸: ۵۰).

رویکرد زیست تقلیدی در سال (۱۹۸۹) توسط فراش و گالاپولوس[1]، معرفی شد و آن‌ها آن را شبیه‌سازی اکوسیستم‌ها با خلق تعادل بین طبیعت و بشر تعریف کردند (Al-Obaidi et al., 2017: 1473). در یک تعریف کلاسیک از بامیستر زیست تقلید یادگیری از طبیعت و سپس تقلید از فرم‌های طبیعی، روندهای طبیعی و اکوسیستم‌ها برای خلق طراحی‌هایی با پایداری بیش‌تر است (Baumeister, 2014: 8). بنیوس که وی را می‌توان یکی از برترین پژوهشگران در این زمینه دانست در سال (۱۹۹۷) زیست تقلیدی را علمی جدید تعریف می‌کند که الگوهای طبیعت را مورد مطالعه قرار می‌دهد و سپس از این طرح‌ها و فرایندها برای حل مشکلات انسانی تقلید کرده یا الهام می‌گیرد (De Pauw, 2015: 19). با توجه به تعریف کلیدی که بنیوس در ابتدای کتاب خود با عنوان «زیست تقلیدی خلاقیت ملهم از طبیعت» ارائه کرده است، زیست تقلید را نوعی تقلید می‌داند که در آن طبیعت به‌عنوان الگو، معیار و مربی راهنمای

1. Frosch and Gallapoulos

انسان قرار می‌گیرد (Benyus, 2002: 1). کلمه معیار در این تعریف مورد توجه محقق پژوهش حاضر قرار گرفت تا با تدوین مدل مفهومی ارزیابی از یافته‌های موجود در این زمینه میزان هماهنگی آن‌ها با رویکرد زیست تقلیدی سنجیده شود و طراحان و معماران با دقت بیش‌تری میزان هماهنگی ایده‌هایشان با طبیعت را بسنجند.

رویکرد زیست تقلیدی خود رویکردی نوین است که در رابطه با طراحی پوسته‌های ساختمانی با این رویکرد تاکنون تنها نمونه‌های محدودی در جهان ایجاد شده است که در این پژوهش بیست مورد از آن‌ها به‌علاوه مدل‌های نظری ارائه شده توسط نخبگان مورد بررسی قرار گرفتند. اما در معماری معاصر ایران متأسفانه هنوز پوسته‌های طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی طراحی و اجرا نشده است و تنها در موارد چندی به گفته معمار بنا، ساختمان با الهام از سایت بنا و یا اهمیت به المان‌های طبیعی موجود در سایت بنا طراحی شده بودند که از این میان می‌توان به اقامتگاه بارین اسکی شمیرانات و مجتمع مسکونی نیاوران اشاره کرد.

برای فهم رویکرد زیست تقلیدی در ابتدا باید بررسی کرد که این رویکرد در چه بستری قابل اجرا است. از آنجا که این رویکرد طبیعت‌محور و با شرایط سیاره زمین سازگار است، شناخت شرایط زیستی حاکم بر زمین لازم است. لذا در خصوص عملکرد سیستم طبیعت به گفته بامیستر زندگی در شرایط مستقیم یا غیرمستقیم زیر اتفاق می‌افتد:

۱) نور خورشید، آب، جاذبه

۲) پویایی نامتعادل‌ها (مسائل غیر قابل پیش‌بینی)

۳) مرزها و محدودیت‌ها (در مواد)

۴) روندهای گردشی (مثل تغییرات فصول) (Baumeister, 2014: 24)

در رویکرد زیست تقلیدی هم با در نظر گرفتن شرایط زیستی زمین موجودات زنده به‌عنوان الگو در نظر گرفته می‌شوند. در این رویکرد همان‌طور که از نامش پیداست از موجودات زنده نوعی تقلید صورت می‌گیرد. اما این تقلید کپی برداری و تقلید محض از طبیعت نیست. بلکه نوعی تقلید آگاهانه و یادگیری از موجودات زنده در چگونگی بهره‌مندی از امکانات سیاره زمین است که چگونه با صرف کم‌ترین انرژی بیش‌ترین کارایی را از خود نشان می‌دهند و عملکردی بهینه دارند.

مرکز خرید ایستگیت[1] طراحی شده توسط میک پیرس[2] با الهام از لانه موریانه‌ها دارای ویژگی‌های خاصی در تأمین تهویه ساختمان با کم‌ترین مصرف انرژی بوده به این صورت که هوای محیط که به داخل کشیده می‌شود از طریق کانال‌هایی به اتاق‌ها و دفاتر وارد شده و در نهایت از سقف خارج می‌شود. این مجتمع از دو بخش در کنار هم ساخته شده تشکیل می‌شود که توسط فضای باز میانی از هم جدا شده‌اند و روی آن با شیشه پوشیده شده است و برای ورود نسیم خنک از قسمت‌هایی باز گذاشته شده‌اند. بادها به‌طور پیوسته از این فضای خالی به وسیله فن‌ها وارد طبقه اول شده و سپس در داکت‌های عمودی که در مرکز و بخش اصلی هر ساختمان قرار گرفته بالا رفته و از مجراهای خروجی قرار گرفته در سقف هر طبقه خارج می‌شود (گلابچی، ۱۳۹۳: ۱۷۹). لذا وجود داکت‌های عمودی، شبکه کانال‌ها، وجود بازشوها، وجود بادخان (اگزوز سقفی)، وجود طاق عمیق، تقویت اثر باد به کمک فن‌ها، تهویه از طریق آتریوم مرکزی، استفاده از حلقه‌های بازخوردی شبانه‌روزی کنترل اشعه خورشید همه از عواملی است که به تهویه ساختمان به صورت طبیعی کمک کرده و در آن از تهویه طبیعی لانه موریانه‌ها الگوبرداری شده است (Minsolmazyeler, 2017: 151).

درکانسیل هاوس دو[3] که با الهام از لانه موریانه‌ها طراحی شده میک پیرس علاوه بر عوامل مؤثر در تهویه طبیعی مرکز خرید ایستگیت در بهبود تهویه طبیعی ساختمان از حسگرهای خودکار و تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی هم استفاده کرده است. در این ساختمان جداسازی زباله در مبداء، استفاده از پنل‌های خورشیدی، تصفیه فاضلاب ساختمان و عرضه آب غیر آشامیدنی به ساکنین (برای مصارفی چون: سرمایش، سیفون، آب فشان اطفای حریق، آبیاری، فواره) صورت می‌پذیرد همچنین نمای شمالی دارای باغ‌های عمودی، تخلیه شبانه هوا با باز شدن خودکار پنجره‌های شمالی و جنوبی است. تمام مواد و مصالحی که در نازک‌کاری ساختمان بکار رفته حتی صندلی‌ها و مبلمان دارای شناسنامه سبز هستند و بعد از چند سال به چرخه طبیعت باز می‌گردند (همچون برگ درختان). آفتاب‌گیرهای ضلع غربی از چوب بازیافت شده هستند و

1. Eastgate center
2. Mick Pearce
3. Council House 2 (CH2)

موجب سایه‌اندازی در نمای غربی و خنک‌سازی ساختمان می‌شوند. هوای تازه از ارتفاع پانزده متری سطح خیابان به داخل آبفشان‌های ضلع شمالی ساختمان هدایت می‌شود و با تبخیر آب این هوا خنک می‌شود هوای خنک به مخزن‌های مواد تغییر حالت دهنده در زیر زمین هدایت شده و باعث یخ زدن مواد درون مخزن‌ها می‌شود (نگهداری سرما) و لوله‌های جریان آب جداگانه‌ای هم از این مخزن‌ها می‌گذرد که با عبور از طبقات باعث خنک‌سازی طبقات می‌شوند (گلابچی، ۱۳۹۳: ۳۵).

در آمفی‌تئاتر اسپلاناد[1] با الهام از خارگیل ۷۱۳۹ سایبان آلومینیومی در زوایای متفاوتی روی پوسته شیشه‌ای قرار گرفته‌اند. در گیاه ذکر شده پوسته پرپشت، چندلایه و نیمه سخت از بذر گیاه درونی محافظت می‌کند. به‌طور مشابه در سقف این ساختمان هم، یک سیستم سایه‌بان لایه‌دار که شبیه پوسته گیاه است، داخل ساختمان را از گرم شدن حفظ می‌کند و حین بهره‌مندی ساختمان از نور طبیعی خورشید ساختمان را از گرما حفظ می‌کند (Minsolmazyeler, 2017: 148).

در سیستم فلکتوفین یک سیستم بدون لؤلا وجود دارد که در آن با الهام از گل مرغ بهشتی و تغییر فشار در محور اصلی می‌توان به چرخاندن پره‌ها تا میزان ۹۰ درجه دست یافت که این حرکت قابل برگشت نیز می‌باشند. طراحان از این موضوع برای طراحی پرده‌های خودکار کرکره‌ای جهت تهویه مناسب استفاده کرده‌اند. آن‌ها این فرآیند (باز و بسته شدن) را در محدوده الاستیکی و ویسکو الاستیکی متریال بکار رفته انجام می‌دهند (Hosseini et al, 2019: 195).

هارش لالوانی[2] هنرمندی است که سازه‌های دو بعدی را با برش‌های خاص تبدیل به ساختارهای سه بعدی می‌کند. وی از لیزرهای کامپیوتری برای این برش‌ها استفاده کرده و سپس این پوسته را در جریان نیروهای طبیعی مثل گرانش قرار می‌دهد تا شکل پذیرند. وی بیان کرده که در این کار از ساختار دی. ای. ان الهام گرفته است (Silver, 2006: 51).

سازه شکوفه اثر دوریس کیم سونگ با الهام از سیستم تنفسی ملخ است. این سیستم از طریق سوراخ‌هایی که در کناره بدن حشره است باعث خنک‌سازی وی می‌شود، سوراخ‌ها هوا را به درون می‌کشند و هوا از داخل سیستم تنفسی آن‌ها عبور کرده بدنش را خنک می‌کند. پیشنهاد دوریس کیم سونگ آن است که با استفاده از مواد هوشمند و ترموبایومتال می‌توان پوسته‌های خود باز شونده در هنگام گرما را تجربه کرد، ماده پیشنهادهایشان دو ورقه فلزی با ضریب انبساط متفاوت و چسبیده به یکدیگر است در نتیجه هنگام گرما یکی از ورقه‌ها سریع‌تر از دیگری منبسط می‌شود و خم شدن اجزای سازه باعث ایجاد فاصله بین اجزا شده و منافذی تشکیل می‌شوند که باعث عبور جریان هوا و خنک‌سازی می‌گردند (Techaborikiti, 2021: 6).

سیستم به کار رفته در ساختمان رسانه تی. آی. سی[3] نیز دارای بالشتک‌هایی از جنس ای. تی. اف. ای. است و مکانیسم پنوماتیک به‌طور خودکار توسط سنسورهای نوری فعال می‌شوند که به حضور انرژی خورشیدی پاسخ می‌دهند. نمای جنوب شرقی روزانه شش ساعت از نور خورشید را جذب می‌کند. محافظت در برابر گرمای خارجی با استفاده از آنچه به‌عنوان دیافراگم پیکربندی شناخته می‌شود، به‌دست می‌آید که به‌موجب آن سه لایه پلاستیک درون قاب مثلثی ثابت شده و مانند یک بالشت باد می‌شوند. حباب حاصل شده شامل حداکثر سه محفظه هوایی است که در کنار هم یک اثر سایه مانند ایجاد می‌کنند و به نوعی عایق حرارتی برای ساختمان فراهم می‌کنند (Hadeer, 2019: 348).

معماران در برج البحار نیز با الهام از گل نیلوفر پیچ نوع خاصی از مشربیه سنتی را ایجاد کرده‌اند. این پنل‌های قرار گرفته بر روی ساختمان در طول روز با توجه به زاویه تابش خورشید از خود عکس‌العمل نشان می‌دهند، این دیواره با فاصله‌ای دورتر از دیواره خارجی و بر روی یک فریم مجزا ساخته شده است. عملکرد این پنل‌ها به‌گونه‌ای بوده که در طول روز نور خورشید را جذب کرده و تا ۵۰ درصد از گرما و نور ورودی به داخل ساختمان جلوگیری می‌کنند و هنگام غروب خورشید نیز تمامی صفحات بسته می‌شوند (Minsolmazyeler, 2017: 149).

در نمای ساختمان نمایشگاه یک اقیانوس در کره جنوبی از فایبرگلاس تقویت شده است که ظرفیت شکل پذیری بالایی دارد و همچنین در مقابل خمش و وزش باد مقاومت مناسبی دارد استفاده شده است. نمای این سازه دارای طول کلی ۱۴۰ متر است که ارتفاع آن بین ۳ تا ۱۳ متر متغیر است. ۱۰۸ پرده سطح را می‌پوشانند و از لبه‌های بالا و پایین نما جهت استقرار حمایت می‌شوند و در بالا و پایین پره‌ها موتورهایی قرار دارد که برای هر پرده جهت رقص زیبای نما می‌تواند تنظیم شود این موتورها در بالا و پایین هر پرده در

1. Esplanade Theater
2. Haresh Lalvani
3. TIC media building

خلاف جهت هم حرکت می‌کنند و یاتاقان‌های نگه‌دارنده لبه پرده‌ها کمی به هم نزدیک می‌شوند تا پرده باز شود. تهویه ساختمان به صورت طبیعی انجام می‌شود زیرا دریچه‌ها در جهت باد غالب سایت قرار گرفته‌اند و انرژی لازم برای عملکردهای ساختمان با استفاده از پنل‌های خورشیدی تأمین می‌گردد (Talaat Ahmed Nasr, 2017: 30).

پوسته بیمارستان دکتر مانوئل جی گنزالز پوسته‌ای ۲۵۰۰ مترمربعی از ماژول‌های متعدد که حول برج بیمارستان پوشیده شده و در معرض اشعه فرابنفش خورشید فعال می‌شود و ماژول‌ها با کمک دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) که یک فناوری ضد آلودگی است و توسط نور روز فعال می‌شود، پوشیده شده‌اند که در نتیجه با استفاده از پیکربندی منحصربه‌فرد این فناوری، آلاینده‌های هوا را در هنگام قرار گرفتن در نزدیکی ترافیک یا شرایط آلوده، خنثی می‌کنند (Faridah et al, 2016: 184).

سایبان فراکتال با الهام از درختان طراحی شده است. سایبان از دو صفحه ساخته شده است که با دو الگوی مختلف فراکتالی برش داده شده در آن‌ها است. الگوی رویی با الگویی از برش‌های مثلثی ساخته شده است که برگ‌های بالای درخت با تراکم کم‌تر را مدل می‌کند. این برگ‌ها در باد سریع‌تر و در دامنه کوچک‌تر حرکت می‌کنند. سایبان پایین با برش‌های شش‌ضلعی بریده شده است که از برگ‌های زیرین روی درخت تقلید می‌کنند. این برگ‌ها کندتر اما با دامنه بزرگ‌تر حرکت می‌کنند و می‌تواند دمای ناحیه تحت پوشش را تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به نواحی که خورشید مستقیم به آن‌ها می‌تابد پایین بیاورد و در مقایسه با سایه‌بان‌های معمولی خنک‌تر است (Oguntona et al, 2019: 5).

سلول خورشیدی ارگانیک کنارکا[1] هم با الهام از برگ درختان از یک ماده فوتوولتائیک پلاستیکی است که هم نور داخلی و هم نور خارجی را جذب می‌کند و آن را به انرژی الکتریکی جریان مستقیم تبدیل می‌کند. این انرژی می‌تواند بلافاصله مورد استفاده کاربران قرار گیرد و یا برای استفاده‌های بعدی ذخیره شود و یا به اشکال دیگر انرژی تبدیل شود (Hauch et al, 2008: 729).

همچنین پوسته‌های طراحی شده توسط اکولوژیک استودیو[2] با ارزش افزوده تأمین انرژی در پوسته‌های ساختمانی توسط جلبک‌ها با الهام از درختان است و پوسته‌های طراحی شده با الهام از عملکرد برگ‌ها در ارتقای کیفیت تصفیه هوا و تولید انرژی عمل می‌کنند. سایبان جلبک شهری یک غرفه تعاملی است که دسته‌های کشت زنده میکرو جلبک‌ها در آن زندگی می‌کنند و نمونه‌ای از آینده بیودیجیتالی معماری است. این ارگانیسم‌ها حاوی مواد مغذی هستند که برای بدن انسان مفید است. مانند مواد معدنی و پروتئین‌های گیاهی. معماری خلاقانه این سایه‌بان از تکامل پوسته‌های ای. تی. اف. ای. سرچشمه می‌گیرد و استفاده از این متریال زیستگاه ایده‌آل برای تحریک رشد اسپیرولینا[3] و تضمین سایه و هوای مطبوع برای بازدیدکنندگان را فراهم می‌کند. در روزهای آفتابی تابستان میکرو جلبک‌ها به‌سرعت رشد می‌کنند و در نتیجه پتانسیل سایبان برای بهبود آسایش انسان افزایش می‌یابد. بازدیدکنندگان با حضور خود سیستم تنظیم دیجیتال را تحریک می‌کنند و جلبک‌های بیش‌تری در معرض اکسیژن قرار می‌گیرند و بیش‌تر رشد می‌کنند. در هر لحظه میزان شفافیت، رنگ، بازتاب، صدا و بهره‌وری از سایبان جلبکی شهری نتیجه رابطه همزیستی بین آب و هوا، ریز جلبک‌ها، انسان‌ها و سیستم‌های کنترل دیجیتال است. سایبان جلبکی شهری یک سیستم زنده زیست دیجیتال است که انرژی خورشیدی را به زیست توده و اکسیژن تبدیل می‌کند. به‌طور متوسط روزانه ۲ کیلوگرم اکسیژن، معادل اکسیژن مورد نیاز ۳ فرد بالغ برای زنده ماندن، تولید می‌کند، این در حالی است که انجام این کار با ۲۵ درخت بالغ شهری طول می‌کشد. علاوه بر این، اسپیرولینا به‌عنوان غذای آینده پیش‌بینی می‌شود، این غرفه ۲ کیلوگرم پروتئین گوشت در روز تولید می‌کند که می‌تواند برای ۱۲ فرد بالغ پاسخگو باشد، در نتیجه حیوانات کشته نمی‌شوند و متان آزاد نمی‌شود. (Pasquero et al, 2020: 670).

پوسته‌های طراحی شده در دانشگاه اشتوتگارت نیز با الهام از کرم ابریشم، عنکبوت آبی، سکه دریایی در جهت ارتقای روش‌های ساخت ارتقاءروش‌های ساخت و استفاده از ویژگی‌های هندسی مواد در بالا بردن کیفیت پوسته مورد استفاده و تسهیل عملکرد تهویه به صورت خودکار موفق بوده‌اند (Jamei et al, 2021: 11) که در این پژوهش بررسی شدند.

اثر توبیاس بکر[4] نیز با الهام از ساختار پر از منافذ پوست انسان طراحی شده است و در تلفیق دو عملکرد تنظیم نور و

1. Konarka’s Organic Solar Cell
2. Ecologic Studio
3. Spirulina
4. Tobias Becker

تهویه نتایج سودمندی داشته است، در این ایده هم عضلات پنوماتیکی با کمک یک کمپرسور کم‌مصرف میزان نور، وضوح و هوای عبوری از پوسته را تنظیم می‌کنند. در هر مترمربع، ۱۴۰ عضله پنوماتیکی وقتی فشار کم است باز می‌شوند و وقتی فشار زیاد شود بسته می‌شوند (Lee et al, 2018: 144). همچنین آثار برگزیده و قابل اجرای دانشجویان مازولنی که در کتاب معماری از طبیعت پیروی می‌کند آمده بود، بررسی شد و ایده استفاده مجدد از دورریزها با الگوگیری از طبیعت که زباله ندارد مدنظر قرار گرفت.

جدول ۱. گردآوری نمونه‌های طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی و منبع الهام مربوطه

عنوان	مکان	سال	معماری	منبع الهام
مرکز خرید ایسگیت	زیمبابوه	۱۹۹۶	میک پیرس	لانه موریانه‌ها
آمفی تیاتر اسپلاناد	سنگاپور	۲۰۰۲	مایکل ویلفورد و همکاران	خارگیل
کاونسیل هاوس ۲	ملبورن	۲۰۰۶	میک پیرس	لانه موریانه‌ها
سیستم فلکتوفین	آلمان	۲۰۱۰	دانشگاه اشتوتگارت	گل پرنده بهشتی
پوسته خود رشد کننده	میامی	۲۰۱۱	هارش لالوانی	دی ان ای
پوسته شکوفه	سیلورلیک	۲۰۱۱	دوریس کیم سونگ	ملخ
ساختمان رسانه تی آی سی	بارسلونا	۲۰۱۱	معماران کلود ناین	برگ
برج البحار	ابوظبی	۲۰۱۲	معماران ایداس	نیلوفر پیچ
نمایشگاه اقیانوس	کره جنوبی	۲۰۱۲	سوما	ماهی
بیمارستان دکتر گنزالز	مکزیک	۲۰۱۳	استودیو الگانت امبلیشمنتس	دیاتوم
سایه بان فراکتال	ژاپن	۲۰۱۳	شرکت لافسی	درخت
سلول خورشیدی ارگانیک کنارکا	آلمان	۲۰۱۳	بی الکتریک	برگ
سایه بان جلبکی شهری	میلان	۲۰۱۵	اکولوژیک استودیو	درخت
پوسته عنکبوتی	آلمان	۲۰۱۵	دانشگاه اشتوتگارت	عنکبوت آبی
پوسته ای که نفس می کشد	آلمان	۲۰۱۵	توبیاس بکر	پوست انسان
پوسته پاسخگو به رطوبت	آلمان	۲۰۱۵	دانشگاه اشتوتگارت	گل کاج
پوسته چندلایه اشتوتگارت	آلمان	۲۰۱۶	دانشگاه اشتوتگارت	سکه دریایی
پوسته ابریشم	آلمان	۲۰۱۷	دانشگاه اشتوتگارت	کرم ابریشم
پرده بیودیجیتال	ایرلند	۲۰۱۸	اکولوژیک استودیو	درخت
ایده پوسته ماداگاسکار مازولنی	ماداگاسکار	–	مازولنی	پروانه

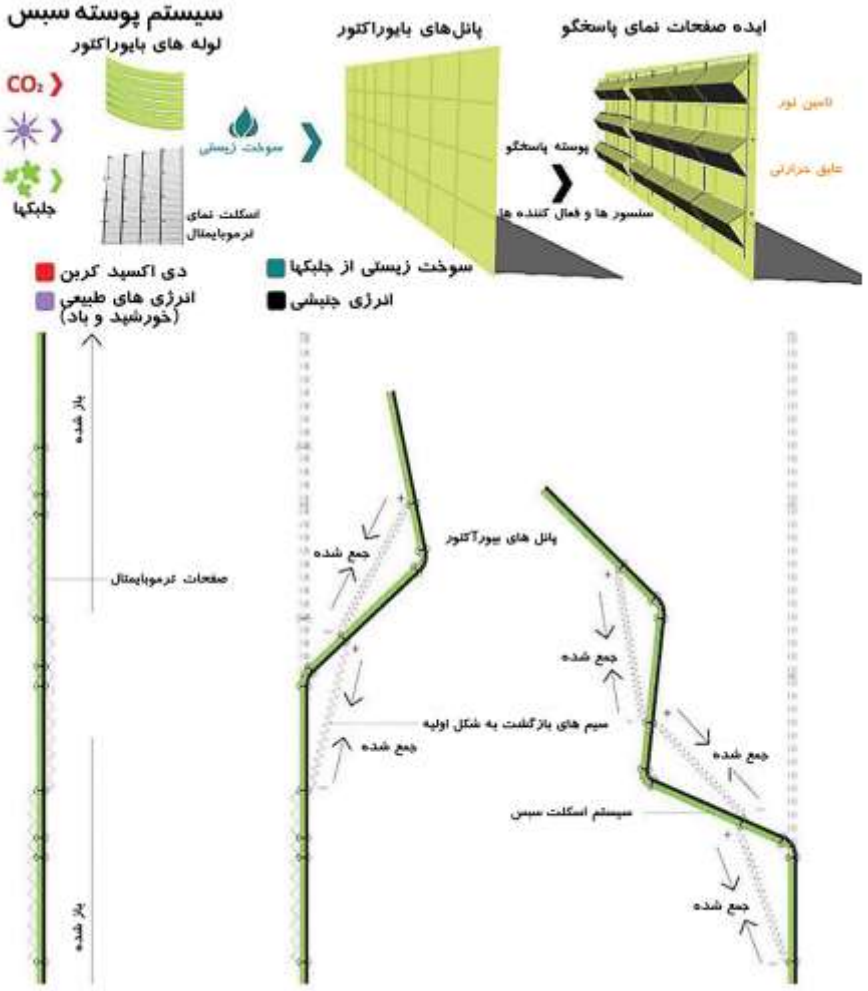
پیشینه پژوهش

دیویدار[1] و همکارانش در سال (۲۰۱۳)، یک مدل بهینه تئوری برای یک نوع پوسته سازگار با محیط ارائه می‌دهند که این سیستم در شکل ۱، ملاحظه می‌گردد و می‌تواند گیاهان را الگو قرار دهد و آن را سبس[2]، نام نهاده‌اند. سبس از پنل‌های بیوراکتور جلبکی با یک سیستم نمای متحرک جهت عملکرد بهتر استفاده می‌کند. البته لازم به ذکر است که این مدل تئوریست و اجرا نشده است. این پنل‌ها تأمین‌کننده دو نوع انرژی هستند: نوع اول انرژی حاصل از کشت میکرو جلبک‌ها[3] و از صفحات بیوراکتور و نوع دوم انرژی گرمایی خورشیدی است. این پوسته‌ها می‌توانند مات شوند و ایجاد سایه جهت خنک‌سازی ساختمان را به وجود بیاورند و یا شفاف باشند تا تأمین نور ساختمان را ایجاد کنند و یا باز شوند تا تهویه ساختمان را ایجاد کنند و این همه در حالی است که سیستم توسط سنسورها کنترل می‌شود. این سنسورها منطبق با عملکرد ترموبایمتال‌ها[4] کار می‌کنند و نیاز به منبع انرژی مکانیکی ندارند (Al-Obaidi et al., 2017: 1483).

بادارنا[5] در سال (۲۰۱۷)، به صورت تخصصی به مطالعه پوسته‌های ساختمانی بر اساس رویکرد زیست تقلیدی با تعریف جنین بنیوس پرداخته و پس از مطالعه ۶۷ گونه زیستی، تناسبات مورفولوژیک موجود در طبیعت را در ایجاد مکانیسم‌های مؤثر در پوسته‌های ساختمانی مورد بررسی قرار داد. وی در تحقیقاتش نشان می‌دهد از ویژگی‌های فرمی که در گیاهان دیده می‌شود و موجب ارتقاء عملکرد پوسته آن‌ها است که می‌توان به وجود فراز و نشیب‌ها و چین‌خوردگی‌ها و یا میکرو ساختارهای شش‌ضلعی، ساختار فراکتال، ساختار لایه‌لایه و وجود تریکوم‌ها[6]، اشاره کرد که در شرایط زیستی زمین یعنی میزان معین از نور خورشید، آب، جاذبه و در دوره‌های فصلی و با شرایط محدود استفاده از مواد و انرژی به خوبی پاسخگو هستند. به‌عنوان مثال وی وجود فراز و

1. Dewidar
2. SABS: Self-Active Bioclimatic Strategy
3. Microalgae-cultivated energy
4. Thermo-Bimetal sheets
5. Badarnah
6. Trichome

نشیب‌ها در پوسته‌های ساختمانی را موجب بهتر شدن عملکرد تهویه می‌داند و چین‌خوردگی‌ها را موجب خنک‌سازی در پوسته‌ها می‌داند. زیرا سطح مناسبی برای نگهداری رطوبت و تبخیر آن فراهم می‌کنند و علاوه‌بر آن، این چین و چروک‌ها باعث ایجاد مناطق خود سایه‌انداز بر روی سطح شده که بار گرمای دریافتی را کاهش داده منجر به ایجاد جریان‌های همرفتی در اطراف پوسته می‌شوند. همچنین آرایش فراکتالی سیستم‌ها به نحو بهینه‌ای از انرژی استفاده می‌کند. ترتیب فراکتال توالی فیبوناچی دانه‌ها باعث بسته‌بندی مؤثر و بهینه برای افزایش راندمان رهگیری نور است و ساختار لایه‌لایه باعث تلفیق عملکردهای مورد نیاز برای پوسته می‌شود. وجود تریکوم‌ها هم باعث افزایش آبگریزی و شکست نور می‌شود.



شکل ۱. مدل پوسته‌های ساختمانی پاسخگو ارائه شده توسط دویدار
مأخذ: Al-Obaidi et al., 2017:1486

لوپز[1] و همکارانش نیز در سال (۲۰۱۷) روش‌هایی برای طراحی پوسته‌های ساختمانی با الگوگیری از گیاهان ارائه کرده‌اند تا دستیابی به الگوی پوسته‌های ساختمانی هماهنگ‌تر با اقلیم را برای طراحان میسر سازند.

همان‌طور که فعالیت‌های انجام شده در این حوزه نشان می‌دهد پوسته‌های ساختمانی جدا کننده و ارتباط دهنده دو فضا هستند و می‌توانند همچون یک فیلتر بین محیط خارجی و محیط داخلی کنترل شده، عمل کنند و همچون یک رابط و میانجی بین عناصر طبیعی و عوامل آسایش انسان باشند. درک درست از سیستم‌های ساختمانی و ایده‌های طراحی اقلیمی در اقلیم‌های مربوطه در جهان امروز امری ضروری است (Mazzoleni, 2013: 15). راه‌حل‌های مطلوب تغییرات محیط خارجی را مدیریت می‌کنند و باعث می‌شوند به میزان زیادی از هدر رفت انرژی در گرمایش، سرمایش، تهویه یا نورگیری ساختمان‌ها جلوگیری شود (رزازی و مظفری، ۱۳۹۷: ۷).

1 . Lopez

روش انجام پژوهش

نوع تحقیق حاضر کاربردی و روش بررسی آن توصیفی – تحلیلی بوده است. در جستجوی مدل مفهومی جهت ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی، بیست نمونه از پوسته‌های ساختمانی طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی بررسی شدند. سپس معیارها و زیرمعیارهای تحقیق بر اساس سه مؤلفه عملکردی، کالبدی و شکلی استخراج شد. مفهوم‌سازی و فروکاهی داده‌ها با توجه به ویژگی‌های آن‌ها انجام شد که در جدول ۲، ملاحظه می‌گردد. معیارهایی چون تأمین انرژی، تنظیم رطوبت، تنظیم نور، تأمین اکسیژن، تنظیم دما و تهویه برای مؤلفه عملکردی و معیارهایی چون روش ساخت و استفاده از مواد مناسب برای مؤلفه کالبدی و معیارهایی چون تطبیق فرم بر عملکرد و انعطاف‌پذیری فرمی برای مؤلفه شکلی در نظر گرفته شد. عدم وجود ساختار ارزش‌دهی به معیارها، فرآیند ارزیابی کیفی را گنگ و مبهم می‌ساخت لذا در راستای توسعه سیستم ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی، مبتنی بر رویکرد زیست تقلیدی نیاز به یک مدل ارزشی مشخص شد.

جدول ۲. دسته‌بندی معیارهای تأثیرگذار در طراحی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی

مؤلفه‌ها و معیارهای تسهیل‌کننده عملکرد پوسته‌های ساختمانی							مؤلفه‌ها و معیارهای بهینه‌سازی فرم پوسته‌های ساختمانی				
مؤلفه عملکردی							مؤلفه کالبدی			مؤلفه شکلی	
تأمین انرژی	تنظیم رطوبت	تنظیم نور	تأمین اکسیژن	تنظیم دما	تهویه	روش ساخت	مواد مناسب	تطبیق فرم بر عملکرد	انعطاف‌پذیری فرمی

در وزن‌دهی برای تصمیم‌گیری چندمعیاره مدل‌های بسیار متنوعی توسط محققان ارائه شده است که از بین آن‌ها فرایند تحلیل شبکه‌ای انتخاب شد، چرا که در این روش با وجود ارتباطات داخلی بین معیارهای تشکیل دهنده شبکه پاسخ‌هایی دقیق‌تر از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌دست می‌آید به‌خصوص که تمام محاسبات هم از طریق نرم‌افزار سوپر دسیژنز انجام شده که درصد خطا را بسیار پایین می‌آورد. برای پیدا کردن وزن معیارها در روش فرایند تحلیل شبکه‌ای با توجه به ساختار شبکه مسئله، معیارهایی که نسبت به هم وابستگی داشتند مشخص گردیدند که در جدول ۳، نشان داده شده است. در این جدول هر جا معیاری در سطر به معیاری در سرستون مقابلش وابستگی داشته علامت مثلث گذاشته شده است.

جدول ۳. بررسی وابستگی معیارها در مؤلفه‌های عملکردی، کالبدی و شکلی

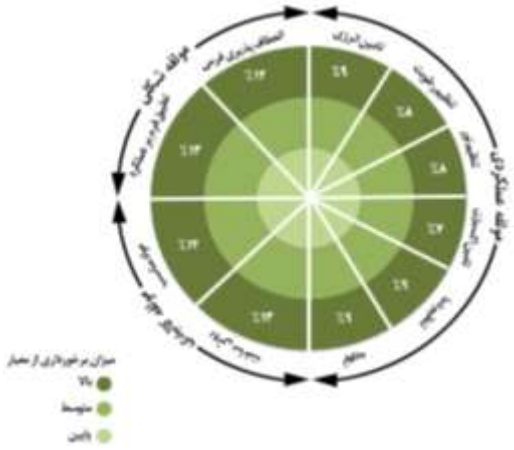
	معیارها	تهویه	تنظیم دما	تأمین اکسیژن	تنظیم نور	تنظیم رطوبت	تأمین انرژی	روش ساخت	مواد مناسب	تطبیق فرم بر عملکرد	انعطاف‌پذیر فرمی
عملکردی	**تهویه**	–	▲	▲		▲	▲		▲		
	تنظیم دما	▲	–			▲	▲		▲		
	تأمین اکسیژن	▲		–			▲		▲		
	تنظیم نور				–		▲		▲		
	تنظیم رطوبت	▲	▲			–	▲		▲		
کالبدی	**تأمین انرژی**				▲		–		▲		
	روش ساخت						▲	–	▲		
	مواد مناسب						▲		–		
شکلی	**تطبیق فرم بر عملکرد**						▲	▲	▲	–	
	انعطاف‌پذیر فرمی						▲		▲	▲	–

پس از تنظیم نظام وابستگی متغیرها پرسشنامه‌ای تدوین گردید و برای بیست نفر از متخصصین و خبرگان حوزه معماری با رویکرد زیست تقلیدی ارسال گردید و بر اساس نظام ارزشی اعداد لیکرت معیارها امتیازدهی شدند که با توجه به پاسخ‌های ایشان و با کمک نرم‌افزار سوپردسیژنز میانگین وزنی معیارها استخراج گردید. همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد، بالاترین وزن متعلق به معیار تطبیق فرم بر عملکرد است که اگر این‌گونه باشد با مصرف کم‌ترین انرژی و ماده بهترین کارایی را خواهد داشت.

جدول ۴. وزن‌ها استخراج شده از نرم‌افزار سوپر دسیژنز

ایده آل‌ها	اوزان	ردیف‌ها	معیار
./۹۴۷۰۵۳	۰/۱۲۶۶۰۳	۰/۰۶۳۳۰۱	روش ساخت
۰/۶۵۵۸۹۵	۰/۰۸۷۶۸۰	۰/۰۴۳۸۴۰	تأمین انرژی
۰/۸۷۰۱۳۰	۰/۱۱۶۳۱۹	۰/۰۵۸۱۶۰	انعطاف‌پذیری فرمی
۱/۰۰۰۰۰۰	۰/۱۳۳۶۸۱	۰/۰۶۶۸۴۰	تطبیق فرم بر عملکرد
۰/۶۲۲۶۸۵	۰/۰۸۳۲۴۱	۰/۰۴۱۶۲۰	تنظیم رطوبت
۰/۶۱۸۵۳۴	۰/۰۸۲۶۸۶	۰/۰۴۱۳۴۳	تنظیم نور
۰/۹۲۳۰۷۷	۰/۱۲۳۳۹۷	۰/۰۶۱۶۹۹	مواد مناسب
۰/۵۳۹۶۶۰	۰/۰۷۲۱۴۲	۰/۰۳۶۰۷۱	تأمین اکسیژن
۰/۶۵۵۸۹۵	۰/۰۸۷۶۸۰	۰/۰۴۳۸۴۰	تنظیم دما
۰/۶۴۷۵۹۲	۰/۰۸۶۵۷۰	۰/۰۴۳۲۸۵	تهویه

پس از استخراجوزن‌ها به دست آمده در جدول ۴ و معیارهای استخراج شده از نمونه‌های بررسی شده در جدول ۱، مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی نشان داده شده در شکل ۲، استخراج گردید. که با کمک این مدل می‌توان پوسته‌های دیگر ساختمانی طراحی شده با رویکردهای طبیعت‌محور را مورد مطالعه قرار داد. همان‌طور که در شکل ۲، نیز نشان داده شده است میزان برخورداری از هریک از معیارهای به‌دست آمده در سه سطح از کمرنگ به پررنگ نشان داده شده است که هرچه پررنگ‌تر باشد به معنای میزان برخورداری بیش‌تر از معیار مورد مطالعه در پوسته است.

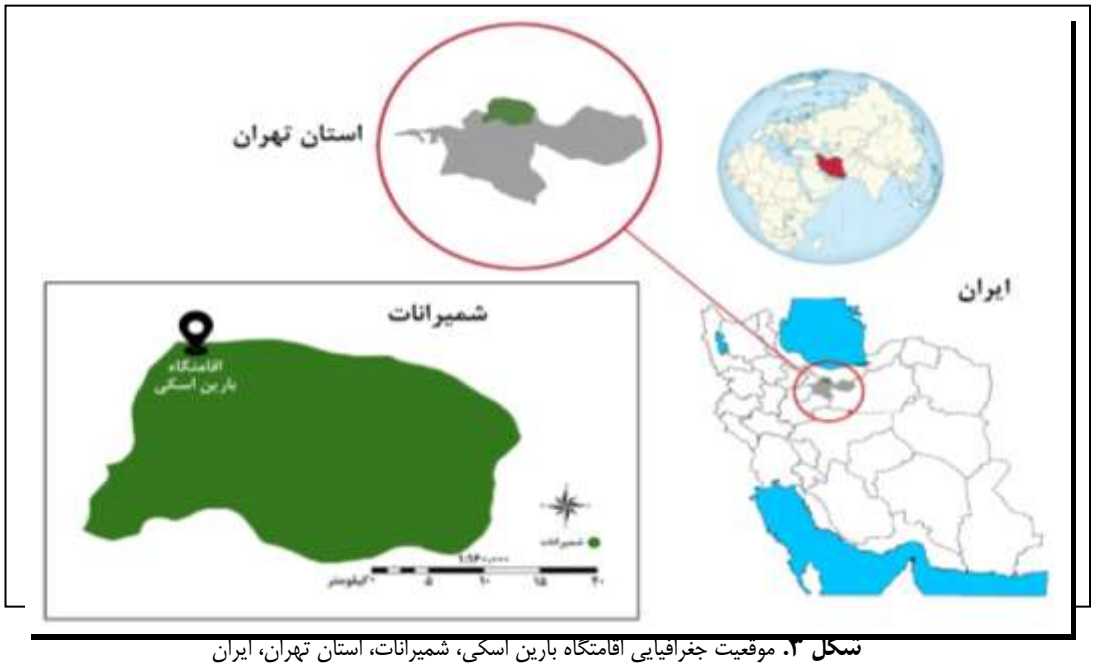


شکل ۲. نمودار مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی

محدوده مورد مطالعه

پس از بررسی پوسته‌های مختلف طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی در مناطق مختلف کره زمین یک نمونه پوسته طراحی شده در ایران که با الهام از طبیعت طراحی شده بود، با نام اقامتگاه بارین اسکی که با نام مجتمع گل یخ شمشک هم شناخته شده است، جهت ارزیابی کیفی بر اساس مدل مفهومی به‌دست آمده از پژوهش بررسی شد. این بنا از آن جهت انتخاب شده بود که طراحان آن هم اعلام کرده بودند این بنا را با الهام از طبیعت اطرافش طراحی کرده‌اند. طراحی این بنا توسط استودیو ریرا و با معماری عباس ریاحی‌فرد و فریناز رضوی نیکو انجام شده است. این بنا در سال (۱۳۹۰) و با مساحت ۱۲۰۰۰ مترمربع، برنده رتبه دوم جایزه معمار در بخش ساختمان‌های عمومی همان سال است و طراحان فرم بنا را با الهام از تپه‌ها و کوه‌های برفی منطقه بیان کرده‌اند و در جستجوی فرمی بودند که از لحاظ بصری با محیط اطرافش در هماهنگی باشد. آن‌ها الهام گرفتن از خانه‌های ایگلو اسکیموها را نیز در طراحی اتاق‌ها مدنظر داشته‌اند(Razavi Nikoo et al, 2016: 3). همان‌طور که در شکل ۳، نشان داده شده است این بنا در شهرستان شمیرانات قرار گرفته است و طبق تقسیم‌بندی نرم‌افزار متیونورم هشت[1] اقلیم این منطقه در ناحیه چهارم و زیرمجموعه دوم است که در واقع نواحی گرمسیری با تابستان‌های خشک و زمستان‌ها با بارندگی بالا هستند[2] و به دلیل قرار گرفتن در ارتفاع بالا دارای زمستان‌های سردی می‌باشد.

1. Meteonorm8
2. IV,2 - Warm Temperate Zones, Subtropical Climates-Humid Winter and Very Dry Summer Climates



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی اقامتگاه بارین اسکی، شمیرانات، استان تهران، ایران

همان‌طور که در شکل ۴، دیده می‌شود فرورفتگی و برجستگی‌ها روی سطح نما منجر به دفع نزولات جوی شده و همچنین همچون سایه‌بان برای فصل‌های گرم عمل کرده و در فصل‌های سرد اجازه ورود نور بیش‌تری به بنا را می‌دهد، رنگ سفید بنا نیز منجر به بازتاب نور خورشید شده و از گرمای بیش از حد ساختمان در فصل گرم می‌کاهد. در طراحی داخلی این بنا از طراحی متافوریک استفاده شده که قابلیت تغییر کاربری فضاها را نیز از بین می‌برد. بافت لایه‌لایه دیوارهای چوبی با استفاده از برش‌های کامپیوتری ایجاد شده. به نظر می‌رسد اتاق‌ها در یک بلوک یخی کوهستانی مانند غارهای طبیعی حک شده‌اند.

شکل ۴. اقامتگاه بارین اسکی، شمیرانات، استان تهران، ایران

مأخذ: Razavi Nikoo et al, 2016

هر اتاق گنبدی شکل احساس یک غار گرم و خانگی را برای استراحت پس از اسکی در سرما افزایش می‌دهد. یافتن روشی که روند ساخت را تسریع کند، در این شرایط از اهمیت اساسی برخوردار است. زیرا فرم ساختمان فرمی کلیشه‌ای نیست. دو عامل از مهم‌ترین چالش‌ها برای این پروژه به نقل از خودشان یکی آب و هوا بوده و دیگری فناوری ساخت و ساز.

از آنجا که در ایران تجربه روش‌های مدرن ساخت و ساز بسیار محدود است و بسیاری از معماران هنوز از روش‌های سنتی استفاده می‌کنند، ایجاد فرم موردنظر معماران با چالش مواجه بوده است. در جستجوی یک ماده مدرن که بتواند به‌راحتی در برابر

شرایط آب و هوایی سرد مقاومت کرده و از لحاظ بصری بافت برف را منعکس کند، کامپوزیت خاک دیاتومیت انتخاب شده است. خاک دیاتومیت که به دلیل خواص سازگار با محیط زیست محبوب است، ماده‌ای بر پایه مواد معدنی است که عمدتاً از سیلیسیم، به‌علاوه سدیم، منیزیم و آهن تشکیل شده است. سپس با شن و ماسه، خاک رس و آب مخلوط می‌شود. این ماده به‌طور طبیعی از پلانکتون‌های فسیل شده و جلبک‌های سبز در امتداد بستر رودخانه‌ها ایجاد می‌شود و صخره‌های نرم و گچ مانند رسوبی را ایجاد می‌کند. خاک دیاتومیت یک عایق حرارتی کارآمد است بنابراین این ماده در عین حال که ظاهری بسیار مدرن دارد یک راه‌حل سازگار با محیط زیست و عایق مناسب برای فضای داخلی را فراهم می‌کند. در ساخت فرم خاص و منحنی دار این پوسته از تکنیک‌های نوین CAD و CAM استفاده شده است که در کاهش وقت و هزینه برای طراحان بسیار سودمند بوده است (Maha et al, 2020: 68).

یافته‌ها

پس از بررسی نمونه‌های موجود معیارها و زیرمعیارهای پوسته‌های طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی استخراج شد که در جدول ۵- الف و ۵-ب نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۵- الف و ۵-ب ملاحظه می‌گردد معیارهای مرتبط با مؤلفه‌های شکلی، کالبدی و عملکردی در سرستون‌های جدول مشخص شده است و زیرمعیارهای مرتبط با هریک از معیارها با دایره توپر در سطرهای جدول مشخص شده است که برخی از معیارها مثل استفاده از پوسته چندلایه یا اجزا مدولار می‌تواند راندمان بالایی در چندین معیار مثل تنظیم دما، رطوبت و روش ساخت مناسب ایجاد کند و تأثیر به سزایی بر هزینه‌ها و مصرف انرژی بگذارد.

در جدول ۵-الف وجود زیرمعیارهایی همچون وجود داکت‌های عمودی، وجود شبکه کانال‌ها، وجود راهکار جهت کنترل اشعه خورشید، وجود بازشوها، وجود باد خان، استفاده از جهت باد غالب در سایت، تقویت اثر باد به کمک فن‌ها، استفاده از عضلات پنوماتیکی، وجود آتریوم مرکزی، استفاده از حلقه‌های بازخوردی شبانه‌روزی و فصلی، تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی، پوسته چندلایه، وجود فرورفتگی و برجستگی‌های مناسب روی پوسته بیرونی، وجود حسگرها، قابلیت تنظیم بدون سنسور، ساختار فراکتال مناسب، کشت عمودی، خنک‌سازی با آب، استفاده از مواد تغییر حالت‌دهنده و عایق مناسب روی مؤلفه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد.

جدول ۵- الف. معیارها و زیرمعیارهای پوسته‌های طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی

معیار / زیرمعیار	مؤلفه شکلی					مؤلفه کالبدی				مؤلفه عملکردی	
	فرم	انعطاف‌پذیری	عملکرد	تطبیق فرم بر	مواد مناسب	روش ساخت	تهویه	تنظیم دما	تأمین اکسیژن	تنظیم نور	تنظیم رطوبت	تأمین انرژی
وجود داکت‌های عمودی							●	●	●			
شبکه کانال‌ها							●	●	●			
وجود راهکار جهت کنترل اشعه خورشید							●	●	●	●		
وجود بازشوها							●	●	●	●		
وجود باد خان (اگزوز سقفی)							●	●	●			
استفاده از جهت باد غالب در سایت							●	●	●			
تقویت اثر باد به کمک فن‌ها							●	●	●			
استفاده از عضلات پنوماتیکی							●	●				
آتریوم مرکزی							●	●	●			
استفاده از حلقه‌های بازخوردی شبانه‌روزی و فصلی							●	●	●			
تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی		●					●	●	●			
پوسته چندلایه		●				●	●	●	●	●		
وجود فرورفتگی و برجستگی‌های مناسب روی پوسته بیرونی							●	●			●	
وجود حسگرها		●					●	●	●	●		
قابلیت تنظیم بدون سنسور							●	●				
ساختار فراکتال مناسب		●		●			●	●	●	●		
کشت عمودی							●	●	●	●		
خنک‌سازی با آب								●				
استفاده از مواد تغییر حالت‌دهنده								●				
عایق مناسب								●				

در جدول ۵–ب وجود زیرمعیارهایی همچون استفاده از مواد حساس به رطوبت با توجه به ساختار هندسی آن‌ها، استفاده از انرژی‌های پاک، طراحی قسمت‌ها با کارایی چندمنظوره، اجزا مدولار، قابلیت نصب و جداسازی برخی اجزا، تنوع راهکار برای انجام یک عملکرد در سیستم، قابلیت تغییر اندازه، تبدیل فرمی از دو بعد به سه بعد، تغییر رنگ و بافت با عملکرد متفاوت اجزا، استفاده از مواد طبیعت دوست، استفاده از مواد سبک، استفاده از مواد بازیافتی، استفاده از مواد با ذخیره حرارتی بالا، استفاده از مواد با توجه به خواص فیزیکی آن‌ها، استفاده از مواد، پاسخگو به نور خورشید، استفاده از موادی که انیستروفی آن‌ها نقش سنسور دارد، استفاده از تغییر میزان شفافیت، فرم و رنگ در عملکرد، ساخت پایین به بالا، افزایش تقسیم‌بندی، استفاده از ربات‌های ویژه در ساخت، روی مؤلفه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد.

جدول ۵– ب. معیارها و زیرمعیارهای پوسته‌های طراحی شده با رویکرد زیست تقلیدی

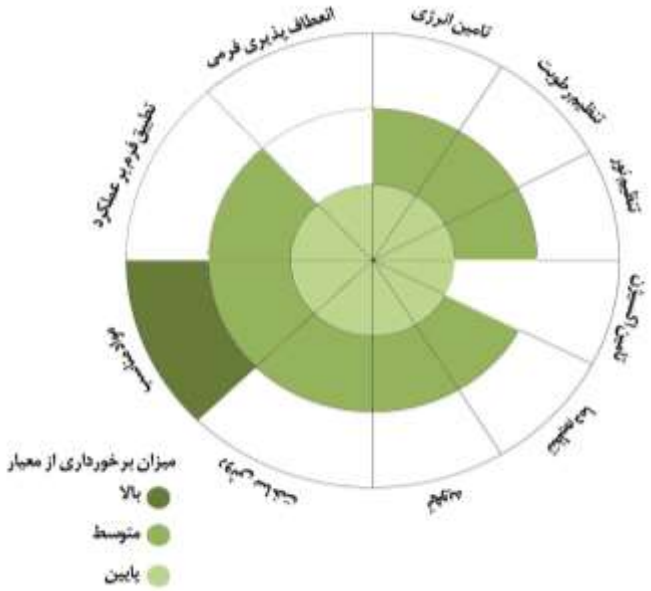
معیار	مؤلفه شکلی		مؤلفه کالبدی		مؤلفه عملکردی				
زیرمعیار	انعطاف‌پذیری فرمی	تطبیق فرم بر عملکرد	مواد مناسب	روش ساخت	تهویه	تنظیم دما	تأمین اکسیژن	تنظیم نور	تنظیم رطوبت	تأمین انرژی
استفاده از مواد حساس به رطوبت با توجه به ساختار هندسی آن‌ها									●	
استفاده از انرژی‌های پاک										●
طراحی قسمت‌ها با کارایی چندمنظوره	●									●
اجزا مدولار	●	●		●						●
قابلیت نصب و جداسازی برخی اجزا	●	●								●
تنوع راهکار برای انجام یک عملکرد در سیستم	●	●								●
قابلیت تغییر اندازه	●									
تبدیل فرمی از دو بعد به سه بعد	●									
تغییر رنگ و بافت با عملکرد متفاوت اجزا	●									
استفاده از مواد طبیعت دوست			●							
استفاده از مواد سبک			●							
استفاده از مواد بازیافتی			●							
استفاده از مواد با ذخیره حرارتی بالا			●							
استفاده از مواد با توجه به خواص فیزیکی آن‌ها			●	●						
استفاده از مواد پاسخگو به نور خورشید			●							
استفاده از موادی که انیستروفی آن‌ها نقش سنسور دارد			●							
استفاده از تغییر میزان شفافیت، فرم و رنگ در عملکرد			●							
ساخت پایین به بالا				●						●
افزایش تقسیم‌بندی	●	●		●						
استفاده از ربات‌های ویژه در ساخت				●						●

همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌گردد پس از ارزیابی ساختمان بارین اسکی و بررسی میزان وجود معیارها و زیرمعیارهای به دست آمده از آن، میزان برخورداری از معیارها با رویکرد زیست تقلیدی برای پوسته اقامتگاه بارین اسکی مشخص شد. برای امتیازدهی به پوسته‌ها براساس اطلاعات کیفی میزان برخورداری از معیارهای منطبق با رویکرد زیست تقلیدی ارائه شده در مدل مفهومی شکل ۲، اعداد از یک تا سه برای کیفیت‌های کم، متوسط و زیاد انتخاب شدند که با ضریب به‌دست آمده معیار مربوطه از نرم‌افزار سوپر دسیژنز مجموع امتیازات پوسته بررسی شده است و در جدول ۶ قابل ملاحظه است.

جدول ۶. ارزیابی کیفی اقامتگاه بارین اسکی براساس مدل مفهومی ارائه شده

زیرمعیارهای مرتبط که باعث افزایش کیفیت شده‌اند	کیفیت و میزان برخورداری از معیار	درصد اهمیت نسبی ایده‌آل	معیارهای ارزیابی
استفاده از انرژی خورشید	متوسط ۶	۹	**تأمین انرژی**
فرورفتگی و برجستگی‌های نما استفاده از مواد ضد آب	متوسط ۵/۳۲	۸	**تنظیم رطوبت**
استفاده از انرژی خورشید وجود بازشوها و امکان تغییر اندازه آن‌ها سایه‌بان بالای پنجره و استفاده از حلقه‌های فصلی	متوسط ۵/۳۲	۸	**تنظیم نور**
وجود بازشوها وجود منافذ عبور جریان باد شبکه کانال‌ها	کم ۲/۳۳	۷	**تأمین اکسیژن**
وجود بازشوها عایق مناسب استفاده از رنگ مناسب در طراحی نما	متوسط ۶	۹	**تنظیم دما**
وجود بازشوها شبکه کانال‌ها استفاده از حلقه‌های فصلی	متوسط ۶	۹	**تهویه**
ساخت پایین به بالا استفاده از CAD/CAM فرم قرینه در برخی قسمت‌ها ساخت مدولار ساخت مدول یک‌تکه	متوسط ۸/۶۶	۱۳	**روش ساخت**
استفاده از مواد با ذخیره حرارتی بالا استفاده از رنگ مناسب در طراحی نما استفاده از مواد طبیعت دوست	بالا ۱۲	۱۲	**مواد و مصالح**
استفاده از رنگ مناسب در طراحی نما فرورفتگی‌ها و برجستگی‌های روی پوسته	متوسط ۸/۶۶	۱۳	**تطبیق فرم بر عملکرد**
باز و بسته شدن پنجره‌ها	کم ۴	۱۲	**انعطاف‌پذیری فرمی**

طبق الگوی ارائه شده در شکل ۲ و اطلاعات به‌دست آمده در جدول ۶، جهت درک بهتر موضوع و مدل ارزیابی ارائه شده در شکل ۵، تهیه گردید. همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد در پوسته مورد بررسی کم‌ترین توجه به انعطاف‌پذیری فرمی و تأمین اکسیژن صورت گرفته و در مقابل آن انتخاب مواد مناسب، تطبیق فرم بر عملکرد (فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها در دفع نزولات جوی) و سایر موارد از نقاط قوت طراحی این ساختمان هستند.



شکل ۵. مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته طراحی شده در اقامتگاه بارین اسکی با رویکرد زیست تقلیدی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف کلی این مطالعه تدوین مدل مفهومی جهت استفاده از رویکرد زیست تقلیدی در طراحی پوسته‌های ساختمانی در راستای بهبود اکولوژی شهری بوده است. اصول اساسی شهرهای اکولوژیک هم در مواردی چون اصول توسعه پایدار (مزایای اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی) مردم‌گرایی، توسعه هماهنگ و برنامه‌ریزی کلان با توجه به شرایط محلی و تأکید بر نیروی محرکه نوآوری مطرح شده است (حسین‌پور، ۱۳۹۷: ۶۶) که ارتقای کیفیت فیزیکی خانه‌ها و پوسته‌های ساختمانی به‌عنوان جزئی از این ساختار و هماهنگی آن‌ها با محیط اطرافشان می‌تواند در بهبود کیفیت اکولوژی شهری مؤثر واقع گردد.

با مطالعه برترین نمونه‌های موجود در دنیا که در جدول ۱ ارائه شد، برای هرکدام از معیارهای نشان داده شده در جدول ۲، می‌توان زیرمعیارهایی که بر غنا و کیفیت آن معیار می‌افزایند در نظر گرفت که منجر به خلاقیت بیش‌تر طراحان و معماران در راستای طراحی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی

شوند، به‌عنوان مثال برای مؤلفه عملکردی و معیار تهویه می‌توان وجود داکت‌های عمودی، شبکه کانال‌ها، کنترل اشعه خورشید، وجود بازشوهای معمولی و خودکار، وجود منافذ عبور جریان باد، وجود باد خان (اگزوز سقفی)، وجود تاق عمیق، استفاده از جهت باد غالب در سایت، تقویت اثر باد به کمک فن‌ها، استفاده از عضلات پنوماتیکی، استفاده از حلقه‌های بازخوردی شبانه‌روزی، استفاده از حلقه‌های بازخوردی فصلی و محیطی، تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی، پوسته چندلایه، قابلیت سایه‌اندازی روی پوسته شفاف، وجود فرورفتگی و برجستگی‌ها روی پوسته بیرونی، وجود حسگرها، قابلیت تنظیم بدون سنسور، ساختار فراکتال و انتقال هوا به کمک تغییرات فشار دو طرف پوسته را به‌عنوان زیرمعیار در نظر گرفت.

برای معیار تنظیم دما جز این موارد می‌توان به کاشت عمودی گیاهان و استفاده از سایه‌اندازی آن‌ها، خنک‌سازی به کمک پاشش آب، خنک‌سازی به کمک لوله‌های جریان آب جداگانه، استفاده از مواد تغییر حالت دهنده جهت خنک‌سازی، تغییر اندازه پنجره در طبقات (مثلاً پنجره‌های بالایی کوچک‌تر جهت خنک‌سازی) نیز به‌عنوان زیرمعیار اشاره کرد.

برای معیار تأمین اکسیژن می‌توان علاوه بر موارد ذکر شده در معیار تنظیم دما و تهویه به مواردی چون وجود کشت عمودی، تحویل اکسیژن به اکوسیستم به کمک فناوری ای تی اف ای تولید بیوپلاستیک، کمک گرفتن از گیاهان برای تولید اکسیژن با راهکارهایی همچون ایجاد ستون‌ها با حلقه‌های استیل در فضای داخلی برای پرورش گیاهان رونده مثل مو و پتوس یا وجود اتاق گیاهان در مسیر تهویه به‌عنوان زیرمعیار اشاره کرد.

برای معیار تنظیم نور می‌توان به مواردی چون وجود پنجره‌ها، نورگیرها، بازشوها، کنترل اشعه خورشید، کاشت عمودی، وجود طاق عمیق، سایه‌اندازی با پوسته شفاف، وجود الگوی منظم سایه‌بان‌ها، تغییر اندازه پنجره در طبقات، استفاده از حلقه‌های بازخوردی شبانه‌روزی، فصلی و محیطی، وجود سنسورها و گیرنده‌های اطلاعاتی بر اساس نور دریافتی، تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی، تغییر میزان شفافیت پوسته با توجه به تغییرات محیطی، پوسته چندلایه، ساختار فراکتال به‌عنوان زیرمعیار اشاره کرد.

برای معیار تنظیم رطوبت مواردی مانند استفاده از مواد حساس به رطوبت با توجه به ساختار هندسی آن‌ها، استفاده مناسب از فرورفتگی‌ها برجستگی‌هایی که در نما قرار دارند، وجود لبه‌ها و برجستگی‌ها برای جذب رطوبت از هوا، وجود شیارها جهت دفع رطوبت اضافی به روش‌های مناسب به‌عنوان زیرمعیار اشاره کرد.

برای معیار تأمین انرژی هم مواردی چون استفاده از انرژی خورشیدی، باد، زیست‌توده، گرانش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی به هر نحو می‌تواند به‌عنوان زیرمعیار آن در نظر گرفته شود. در مؤلفه‌های کالبدی که معیارهای انتخاب بهینه مواد و روش ساخت در نظر گرفته شده است.

برای روش ساخت مواردی چون ساخت از پایین به بالا، ساخت مدولار، ساخت مدول یک‌تکه (بدون نیاز به تعمیر)، فرم قرینه در موارد همسان، قابلیت نصب و جداسازی برخی اجزا، افزایش تقسیم‌بندی، ساختار چندلایه، استفاده از ربات‌های ویژه در ساخت، شکل‌پذیری با نیروهای طبیعی، استفاده از انیستروفی ماده در راستای عملکرد به‌عنوان زیرمعیار.

برای معیار انتخاب بهینه مواد مواردی چون استفاده از مواد طبیعی و یا مواد با کم‌ترین تأثیر منفی بر طبیعت مثل استفاده از مواد تجزیه‌پذیر، مواد سبک و بازیافتی می‌توان اشاره کرد. همچنین مواد با ذخیره حرارتی بالا و استفاده از مواد با توجه به خاصیت ویسکو الاستیکی آن‌ها، استفاده از مواد با قابلیت تغییر فرم، رنگ، شفافیت در راستای عملکرد و استفاده از مواد پاسخگو به نور خورشید و مواد با ساختار لایه‌لایه و مواد با ضریب انبساط متفاوت و موادی که انیستروفی آن‌ها بتواند نقش سنسور را داشته باشد و مواد با ضریب شکست مختلف و ایجاد اثر کالیدوسکوپیک و حتی استفاده از دی‌اکسید تیتانیوم جهت تصفیه هوا به‌عنوان زیرمعیار در نظر گرفته شده است.

برای مؤلفه شکلی و معیار انعطاف‌پذیری فرمی زیرمعیارهایی مثل طراحی قسمت‌ها با کارایی چندمنظوره، تغییر ساختار پوسته با توجه به ناحیه قرارگیری آن در ساختار کلی، ساخت از پایین به بالا، نظم هندسی، ساختار فراکتال، ساخت اجزا مدولار، فرم قرینه برخی مدول‌ها، قابلیت نصب و جداسازی برخی اجزا، تنوع راهکار برای یک عملکرد در سیستم، وجود سنسورها، قابلیت تغییر اندازه، تبدیل از دو بعد به سه بعد، ساختار لایه‌لایه مدول‌ها در نظر گرفته شده است.

برای معیار تطبیق فرم بر عملکرد هم زیرمعیارهایی چون وجود شیارها و منافذ مؤثر در عملکرد تهویه، ساختار انشعابی مجراهای تهویه در کل ساختمان، وجود فرورفتگی و برجستگی‌ها روی پوسته بیرونی جهت سایه‌اندازی و خنک‌سازی، ساختار صفحه‌ای، ساختار لایه‌لایه جهت دریافت طول موج‌های مختلف، ساختار تا شونده با اشغال فضای کم‌تر، استفاده از منحنی‌ها جهت برقراری سطح تماس بیش‌تر، ساختار خطی به جهت استفاده از ربات‌های سازنده، آرایش فراکتالی در استفاده بهینه از انرژی، آرایش مستطیلی بهینه در کاهش هزینه ساخت، ساختار انشعابی در انتقال مواد در پوسته، افزایش زاویه تماس با ساختار کندویی برای حداکثر عملکرد و ساختار کروی کلی دارای بیش‌ترین فضای درونی و کم‌ترین فضای اشغال شده بیرونی می‌تواند در

نظر گرفته شود.

در این پژوهش با توجه به شکل ۲، مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد زیست تقلیدی در جهت بهبود اکولوژی شهری استخراج گردیده که طراحان با در نظر گرفتن و به کاربردن هوشمندانه این معیارها و زیرمعیارها می‌توانند از پتانسیل‌های موجود در کره زمین، مواد و انرژی‌ها به صورت بهینه استفاده کرد و با مطالعه بیش‌تر در طبیعت و موجودات زنده حتی معیارها و زیرمعیارهای بیش‌تری از آن‌ها بیاموزند و از آلودگی‌های زیست‌محیطی بکاهند و خودخواهانه منابع زمین را تلف نکنند و در نتیجه با رعایت مؤلفه‌های اجتماعی و اقتصادی به‌موازات مؤلفه‌های محیط زیستی به پوسته‌هایی با پایداری بیشتر در معماری نائل شوند.

در همین راستا و بررسی میزان هماهنگی پوسته‌های جدید طراحی شده در ایران با رویکرد زیست تقلیدی همان‌طور که در شکل ۴، نیز ملاحظه گردید، مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته ساختمان بارین اسکی بر اساس مدل مفهومی بررسی شد و به‌وضوح نقاط قوت و ضعف این پوسته در هماهنگی با رویکرد زیست تقلیدی را نشان داده شده است. به‌عنوان مثال در زمینهٔ انعطاف‌پذیری فرمی جز باز و بسته شدن پنجره‌ها در این ساختمان هیچ فعالیت ویژه‌ای انجام نشده اما در زمینهٔ انتخاب مواد مناسب بسیار خوب عمل کرده‌اند و از مواد با ذخیره حرارتی بالا، از رنگ مناسب در طراحی نما و مواد طبیعت دوست استفاده شده که کیفیت و میزان برخورداری از معیار را به حد بالایی نسبت به سایر پوسته‌های طراحی شده در ایران رسانده و در زمینهٔ استفاده بهینه از انرژی با انتخاب رنگ سفید برای پوسته از گرم شدن بیش از حد آن در فصل تابستان جلوگیری به عمل آمده و وجود بازشوها، شبکه کانال‌ها و عایق‌بندی مناسب به تهویه و تنظیم دمای مناسب ساختمان و تنظیم نور کمک قابل توجهی کرده است. اما از آنجا که برای تأمین آسایش ساکنین هنوز وسایل تهویه فعال ساختمان می‌بایست استفاده شوند. لذا میزان برخورداری از معیارهای ذکر شده متوسط در نظر گرفته شد، همچنین برای معیار تنظیم رطوبت وجود فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها و استفاده از مواد ضد آب در دفع رطوبت اضافی مؤثر واقع می‌شدند. اما خلاقیت ویژه‌ای در بکار بردن روشی جدید دیده نشد. لذا میزان برخورداری از معیار همان متوسط در نظر گرفته شده، در راستای تأمین اکسیژن هم اگر چه این بنا در ارتفاع قرار دارد و جریان باد و استفاده از آن توسط بازشوها کمک زیادی به تأمین این معیار می‌کند اما می‌شد بکار بردن گیاهان مناسب و یا اتاق اکسیژن و اتاق گیاهان چنانچه در ساختمان کاونسیل هاوس دو دیده شد، با مصرف انرژی بسیار کمی به کیفیت بالاتری دست یافت. لذا در ایران نیز می‌توان با ارزیابی دقیق‌تر راهکارهای ارائه شده و در نظر گرفتن معیارهای طبیعت به خانه‌هایی با پوسته‌های هماهنگ‌تر با طبیعت دست یافت که نهایتاً در بهبود اکولوژی شهری مؤثر واقع گردند.

راهکارها

با توجه به یافته‌های تحقیق، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

- ✓ توجه به مؤلفه‌های عملکردی پوسته‌های ساختمانی با یافتن راهکارهای غیرفعال؛
- ✓ بهره‌مندی از ویژگی‌های فیزیکی و هندسی مواد در ارتقای عملکرد پوسته‌های ساختمانی؛
- ✓ استفاده از تکنولوژی‌های روز در راستای ایجاد فرم بهینه در پوسته‌های ساختمانی. مثل استفاده از تکنیک‌های نوین CAD و CAM و ساخت مدولار در طراحی؛
- ✓ استفاده از مواد جدید دوستدار طبیعت در ساخت پوسته‌های ساختمانی مثل استفاده از کامپوزیت خاک دیاتومیت که بر پایه مواد معدنی؛
- ✓ توجه به تطبیق فرم بر عملکرد تا حد امکان و هماهنگی با اکوسیستم هر منطقه همچون فرورفتگی‌ها و برجستگی‌های نما در بارین اسکی؛
- ✓ طراحی مدولار، طراحی با مصرف انرژی و هزینه کم‌تر؛
- ✓ توجه به حلقه‌های فصلی و شبانه‌روزی در طراحی نمای هر ساختمان با توجه به اکوسیستم خاص آن منطقه.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری با عنوان «ارائه مدل مفهومی ارزیابی کیفی پوسته‌های ساختمانی با رویکرد بایومیمیکری» است و از تمامی کسانی که در اجرای تحقیق، یاری رساندند کمال تشکر را دارم.

References

Al-Obaidi, K. M., Ismail, M. A., Hussein, H., & Rahman, A. M. A. (2017). Biomimetic building skins: An adaptive approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *79*, 1472-1491.

Al-Sayed Mohamed RAMADAN, M., & EL-HALABY, M. (2020). Integrative relationship between environmental Architecture and interior design towards sustainability. *International Journal of Architectural Engineering and Urban Research*, 3(2), 61-74.

Badarnah, L. (2017). Form follows environment: Biomimetic approaches to building envelope design for environmental adaptation. *Buildings*, *7*(2), 40.

Baumeister, D. (2014). *Biomimicry resource handbook*. USA: CreateSpace.

Benyus, J. M. (2002). *Innovation inspired by nature: Biomimicry*. New York: Harper Perennial.

De Pauw, I. (2015). *Nature-Inspired Design strategies for sustainable product development*. Ph.D thesis. Delft University of Technology.

Farid, F. H. M., Ahmad, S. S., Raub, A. B. A., & Shaari, M. F. (2016). Green "breathing facades" for occupants' improved quality of life. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *234*, 173-184.

Gharuni Esfahani, F. (2014). *Bionic Architecture: Nature's Design*. Tehran: Gharuni. (In Persian)

Golabchi, M., & Khorsand Nikoo, M. (2013). *Bionic architecture*, Tehran: University of Tehran Press. (In Persian)

Hasanpour, S. (2017). Evaluation of the ecological bearing capacity of settlement development in Semnan City. *Urban Ecology Research*, 9(17), 63-74. (In Persian)

Hataminejad, H., Pourahmad, A., & Allah Qolipour, S. (2018). Analysis of Residential Sustainability Indicators in Urban Worn out Textures, Case Study: Area 1 of district 9 in Theran. *Urban Ecology Research* , 10(20), 185-198. (In Persian)

Hauch, J. A., Schilinsky, P., Choulis, S. A., Childers, R., Biele, M., & Brabec, C. J. (2008). Flexible organic P3HT: PCBM bulk-heterojunction modules with more than 1 year outdoor lifetime. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *92*(7), 727-731.

Hojjat, I. (2014). *Tradition and Heresy in Architectural Education*. Tehran: University of Tehran Tehran: University of Tehran Press. (In Persian)

Hosseini, S. M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., & Lichtenberg, J. (2019). A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort. *Building and environment*, *153*, 186-204.

Jamei, E., & Vrcelj, Z. (2021). Biomimicry and the built environment, learning from nature's solutions. *Applied Sciences*, *11*(16), 7514.

Lee, J., & Lee, H. (2018). Pneumatic skin with adaptive openings. *learning, prototyping and adapting*, 143.

López, M., Rubio, R., Martín, S., & Croxford, B. (2017). How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *67*, 692-703.

Mahmoudinejad, H., (2018). *Biomimicry Architecture: imitating nature in design*. Tehran: Tahan publisher. (In Persian)

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature-biomimetic principles for innovative design* (Vol. 2). Crc Press.

Nasr, Y. T. A. (2017). *Using Smart materials to mimic Nature in Architecture* (Doctoral dissertation, Graduate School, Faculty of Engineering, Alexandria University).

Oguntona, O. A., & Aigbavboa, C. O. (2019, November). Assessing the awareness level of biomimetic materials and technologies in the construction industry. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 640, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.

Pasquero, C., & Poletto, M. (2020). Deep Green. *Topos*, *112*, 24-30.

Razavi Nikoo, F., & RiahiFard, A. (2016). Project Description, https://www.archdaily.com/125915/ barin-ski-resort-ryra-studio

Rosazi, S., & Mozafari, F. (2016). Compatible and adaptable shells of the building with imitation of plants in nature. *Shabak*, 4(11), 67-87. (In Persian)

Shahin, H. S. M. (2019). Adaptive building envelopes of multistory buildings as an example of high performance building skins. *Alexandria Engineering Journal*, *58*(1), 345-352.

Silver, M. (2006). *Programming cultures: Art and Architecture in the Age of Software*. Italy: Conti Tipicolor.

Techaborikiti, S. (2021, August). Biomimicry: Function and Aesthetic of Vacation Home, Chonburi. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 837, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

YELER, G. M., & Yeler, S. (2017). Models from nature for innovative building skins. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-165.

حاتمی‌نژاد، حسین؛ پوراحمد، احمد و ا... قلی‌پور، سارا (۱۳۹۸). تحلیل شاخص های پایداری سکونتی در بافت‌های فرسوده شهری، *پژوهش های بوم‌شناسی شهری*، ۱۰(۲۰)، ۱۹۸-۱۸۵.

حجت، عیسی (۱۳۹۳). *سنت و بدعت در آموزش معماری* . تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

حسین‌پور، سحر (۱۳۹۷). ارزیابی ظرفیت تحمل اکولوژیکی توسعه سکونتگاهی در شهر سمنان. *پژوهش‌های بوم شناسی شهری*، ۹(۱۷)، ۷۴-۶۳

رزازی، سمیرا و مظفری، فاطمه (۱۳۹۷). پوسته‌های سازگار و انطباق‌پذیر ساختمان با الگوپذیری از گیاهان در طبیعت. نشریه شباک، ۴(۱۱)۴، ۶۷-۸۷

قارونی اصفهانی، فاطمه. (۱۳۹۴). *معماری بایونیک: طراحی طبیعت*. تهران: قارونی.

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

محمودی‌نژاد، هادی (۱۳۹۷). *معماری بیومیمیکری تقلید از طبیعت در طراحی*. تهران: نشر طحان.