ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2025;14(4): 85-104

Seismic Stability of High-rise Architecture Based on Living Organisms Seismic Model

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors
Mohammad Sadegh Taher Tolou Del [1*]
Kasra Khadem Hojati [2]

How to cite this article
Falaha
URL: http://

ABSTRACT

Aims: Since earthquakes have high destructive effects on buildings, a structure can be stable and durable against the horizontal destructive forces as wind and earthquake those are the goals of high-rise architects and designer engineers. In this research, we seek to show the model of living nature that will lead us towards providing structural strength against the lateral force of earthquakes and reducing its seismically destructive effects.
Methods: The current research has been carried out by using a descriptive survey method. Statistical population, quality analysis by Delphi (Q) method of professional engineers notes and data measurement was done on the of 46 experts' opinions in the field of architecture and structure by targeted non-random sampling method. The results of the survey have been analyzed by manual methods and statistical software (SPSS) in the analytical explanation of the main factors.
Findings: The results of the research show that the realization of high-rise building seismic stability would be achieved by the main four factors as: "naturalistic seismic architecture", "sustainable green architecture", "environmentally stable architecture" and "stable seismically geometry". It is possible as feasible by the main characteristics in the architectural design of the seismic bionic tower.
Conclusion: In the end, based on the resulting four exploratory strategies, the explanation of solutions that are appropriate to the research results, that is; High-rise seismically stable architecture with the pattern of living organisms, as an achievement in accordance with the demands and criteria obtained in the present research, are presented.

Keywords: Architectural Design, Living Organisms Model, Seismic Stable Architecture, Earthquake Destructive Force and High -rise Buildings, New building Technologies

1- Associate Professor of Architecture-Technology Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran,

2- MSc in Architecture-Technology, Faculty of Architectural & Urban Engineering,
Teacher Training University Shahid Rajaee, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Architecture-Technology Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran,

Email: msttd@sru.ac.ir

Article History
Received:
Accepted:
Published:

CITATIONLINKS

[1] Azizi A. and Faryadi Sh., 2012, "Economic-Social and Environmental…….[2] Golabchi, Mahmoud and Golabchi, Mohammadreza, 2013, "Basics of Designing…….[3] Talebi, Jhaleh and Kalantari, Iraj, 2017, "Architectural Design Guide for Tall….[4] Bemanian, Reza, Shakib, Hamzeh, and Dazheh, Farhad, 2018, "Evaluation….[5] Taher Tolou Del, Mohammad Sadegh and Javadian, Nilofer, 2021, "Architectural…[6] Ardakani, Amirreza, Gulabchi, Mahmoud, Hosseini, Seyed Mahmoud and Afasalmendan….[7] Kazemi Sangdehi, Seyedpooyan, Afghani Khoraskani, Roham and Tahsil Doost….[8] Bigleri Fadafan, Ali and Nik Faraz, Farhad, 2020, "Seismic Assessment of The Effect…..[9] Megahed, Neglaa, 2012, "Towards a Bionic Architecture in the Context of Sustainability……[10] Madi, Hossein and Imani, Marzieh, 2018, "Biomimic Technology and Nature Inspiration……[11] Sadeghi, Saman, 2007, "Bionic Structure and Structures in Shaping Architectural…..[12] Ganji Safar, Hamed, 2023, "Sustainability and Bionic Biological Strategies as Parametric…….[13] Dixit, Saurav & Stefańska, Anna, 2022, "Bio-logic, a review on the biomimetic application…..[14] Olga, Vorobeva, 2018, "Bionic architecture: back to the origins and a step forward…….[15] Taghipour Kasabi, Behzad and Mirzamohammadi, Ahmed, 2019, "Investigating……..[16] Rouhizadeh, Amirreza, Hafizi, Mohammadreza, Farrokhzad, Mohammad and……[17] Durnova, Iuliana & Sachinthi Fernando, Marina,

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-Non-Commercial terms.

eISSN:2538-2594 نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی-۱۴۰۳؛ (۴) ۱۴:۱۰۴-۸۵

پایداری لرزه‌ای معماری بلندمرتبه براساس الگوی لرزه‌پذیری موجودات زنده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: تحقیق بنیادی

نویسندگان

محمدصادق طاهرطلوع دل [*۱]

کسری خادم حجتی [۲]

۱. دانشیار گروه معماری فناوری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

۲. کارشناسی ارشد مهندسی معماری فناوری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.

نویسنده مسئول *

msttd@sru.ac.ir

تاریخ مقاله

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

تاریخ انتشار:

ارجاع‌دهی

URL: http://

چکیده

اهداف: از آنجا که زلزله اثرات مخرب بالایی دارد، رسیدن به ساختاری سازه‌ای که بتواند در مقابل نیروهای مخرب جانبی افقی مانند، باد و زلزله؛ پایداری و دوام کافی داشته باشند، یکی از اهداف معماران و مهندسان طراح بلندمرتبه است. در این تحقیق به دنبال معرفی الگوی طبیعی زنده‌ای هستیم که ما را به سوی تأمین استحکام سازه‌ای در مقابل نیروی جانبی زلزله و کاهش آثار تخریبی آن به کارایی مناسب سوق دهد.

روش‌ها: روش پژوهش حاضر، بصورت توصیفی پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش، تحلیل داده‌ها به روش دلفی متخصصین و با سنجش اعتبار داده‌ها طبق نظرات ۴۶ نفر از متخصصین رشتهٔ معماری و سازه به روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند صورت گرفته است. نتایج حاصل از پیمایش با تحلیل نتایج پرسشنامه‌ها به روش‌های دستی و نرم‌افزار تحلیل داده‌های آماری (SPSS) در تبیین تحلیلی عوامل اصلی انجام شده است.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تحقق پایداری لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه، به کمک چهار عامل ترکیبی اصلی: «معماری لرزه‌پذیر طبیعت‌گرا»، «معماری سبز پایدار»، «معماری پایدار محیطی» و «هندسه لرزه‌پذیر پایدار» بعنوان شاخصه‌های اصلی در طراحی معماری برج بایونیک لرزه‌پذیر میسر می‌باشند.

نتیجه‌گیری: در پایان براساس چهار راهبرد اکتشافی حاصله، تبیین راهکارهای متناسب با نتایج تحقیق یعنی اصول نظری: عامل تحقق معماری پایدار لرزه‌پذیر بلندمرتبه با الگوگیری از موجودات زنده، بعنوان دستاورد منطبق با خواسته‌ها و معیارهای کسب شده در تحقیق حاضر، ارائه شده‌اند. نتیجه کار تحقیق بیانگر آن است که برج‌های پایدار لرزه‌پذیر با الگوی موجودات زنده به نحو احسن از توانمندی لازم در مقابل زلزله برخوردارند.

کلیدواژه‌ها: طراحی معماری، الگوی موجودات زنده، معماری پایدار لرزه‌ای، نیروی مخرب زلزله و ساختمان بلندمرتبه، فناوری های نوین معماری

این نشریه ی دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهینامه بین‌المللی Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License منتشر می‌شود که اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.

مقدمه

آنچه که طی میلیاردها سال برای ما باقی مانده است، درسی است که یادگیری آن، باعث کاهش بسیاری از هزینه‌های مادی و بازدارنده اتلاف منابع و زمان خواهد بود. فشار ناشی از صفحه عربستان در کنار گسل‌های البرز و زاگرس و همچنین قرارگرفتن ایران بر روی کمربند زلزله آلپ این خطر را برای ما مرگبارتر کرده است. علاوه‌بر آن، عدم توجه به اجرای صحیح و در چارچوب مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ۲۸۰۰ از سوی کارفرمایان، خطر فوق را افزایش داده است. به‌حدی که هر ساله با زلزله‌های کم ریشتر نیز شاهد خسارت ساختمانی در کشور هستیم. برج‌های بلندمرتبه، اهمیت اقتصادی و اجتماعی وسیعی دارند و پایداری آن‌ها در مقابل نیروهای جانبی و بالاخص آثار زلزله‌های مخرب ایران ضرورت دارد. نیروهای حائض اهمیت در پایداری سازه‌ای یک ساختمان بلند مرتبه، نیروهای جانبی باد و زلزله هستند که علت تخریب سازه‌های بلندمرتبه می‌توانند باشند. از آنجا که زلزله‌خیزی کشور ما از آثار تخریبی بالایی برخوردار است، رسیدن به ساختارهایی که در مقابل نیروهای مخرب جانبی بتوانند پایداری بیشتری داشته باشند، از اهداف معماران و مهندسین طراح سازه بلند باشد. هرچه عملکرد ما بیشتر شبیه طبیعت باشد؛ تضمین بیشتری برای بقای پایدار خود ارائه کرده‌ایم. الگوهای طبیعی فرم از زمان‌های قدیم برای رسیدن به راه‌حل‌های پایدار قابل قبول، توسعه یافته‌اند. در طول این فرایند، تنها کارآمدترین، انعطاف‌پذیرترین و قویترین اشکال طبیعی باقی می‌مانند. موجودات زنده، مانند جلبک‌ها و باکتری‌ها دارای ساختار حیاتی ساده‌ای می‌باشند، اما در عین‌حال سیستم بسیار پیچیده‌ای دارند که زمینه‌های تحقیقاتی بسیاری را فراهم می‌کند. در این پژوهش پیدا کردن الگویی بایونیک برای طراحی ساختمان بلندمرتبه لرزه‌پذیر، ملاک عمل قرار گرفته تا ساختمان‌ها بتوانند در مقابل نیروهای مخرب جانبی، پایداری بیشتری داشته باشند. در این زمان معمار باید از حوزه معماری فراتر رفته و با کمک سایر علوم و تلفیق منطقی رشته‌های مختلف علوم جامع، ساختمانی پایدارتر طراحی کند. روش‌شناسی پژوهش حاضر، مبتنی بر روش توصیفی پیمایشی است و به‌همین دلیل ایجاب می‌نماید که «مواد و روش‌ها» از پیشینه و ادبیات تحقیق منتج شود. در این بخش ابتدا به مرور پیشینه و ادبیات نظری و سپس به روش‌های پژوهش می‌پردازیم.

۱. ساختمان بلندمرتبه

طبقه‌بندی انواع ساختمان‌های بلندمرتبه براساس نحوه استقرار و شکل به چهاردسته: ۱. بلندمرتبه با استقرار گسسته و تراکم کم؛ ۲. بلندمرتبه با استقرار پیوسته و با تراکم بالا؛ ۳. نیمه‌بلند با استقرار گسسته و تراکم کم؛ ۴. نیمه بلند با استقرار پیوسته و با تراکم زیاد [۱]. از منظر مسائل اجتماعی و خانوادگی، ساختمانی بلند است که نظارت بر فعالیت‌های کودکان در فضای باز دشوار است. بنابراین ارتفاع ساختمان باید بیش از ۳۲ متر باشد. به‌طور کلی ارتفاع ساختمان امری نسبی است و با ارتفاع ساختمان‌های مجاور نیز ارتباط دارد [۲]. به این منظور شکل خلاصه جدول (۱)، مزایا و معایب بلندمرتبه‌سازی را به‌صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۱. مزایا و معایب بلندمرتبه سازی، (نگارندگان و مآخذ: ۱و۲)

مزایای بلندمرتبه‌سازی	معایب بلندمرتبه‌سازی
اشغال و مصرف کمتر زمین	افزایش استرس ساکنان
چشم انداز با کیفیت و عمق بهتر	رخنمود خودکشی افسردگان
فضای سبز بیشتر اطراف ساختمان	کاهش تعاملات و روابط اجتماعی
دور شدن ساکنین از آلودگی صوتی	کاهش رشد و خلاقیت در کودکان
امکان خلق فضاهای دنج در ارتفاع بالا	تراکم جمعیتی زیاد در مکان مشخص

۲. سازه‌های رایج بلندمرتبه

در این بخش رایج‌ترین سیستم‌های باربر ساختمان‌های بلند به عنوان عناصر اصلی سازه‌ای ساختمان معرفی می‌شوند:

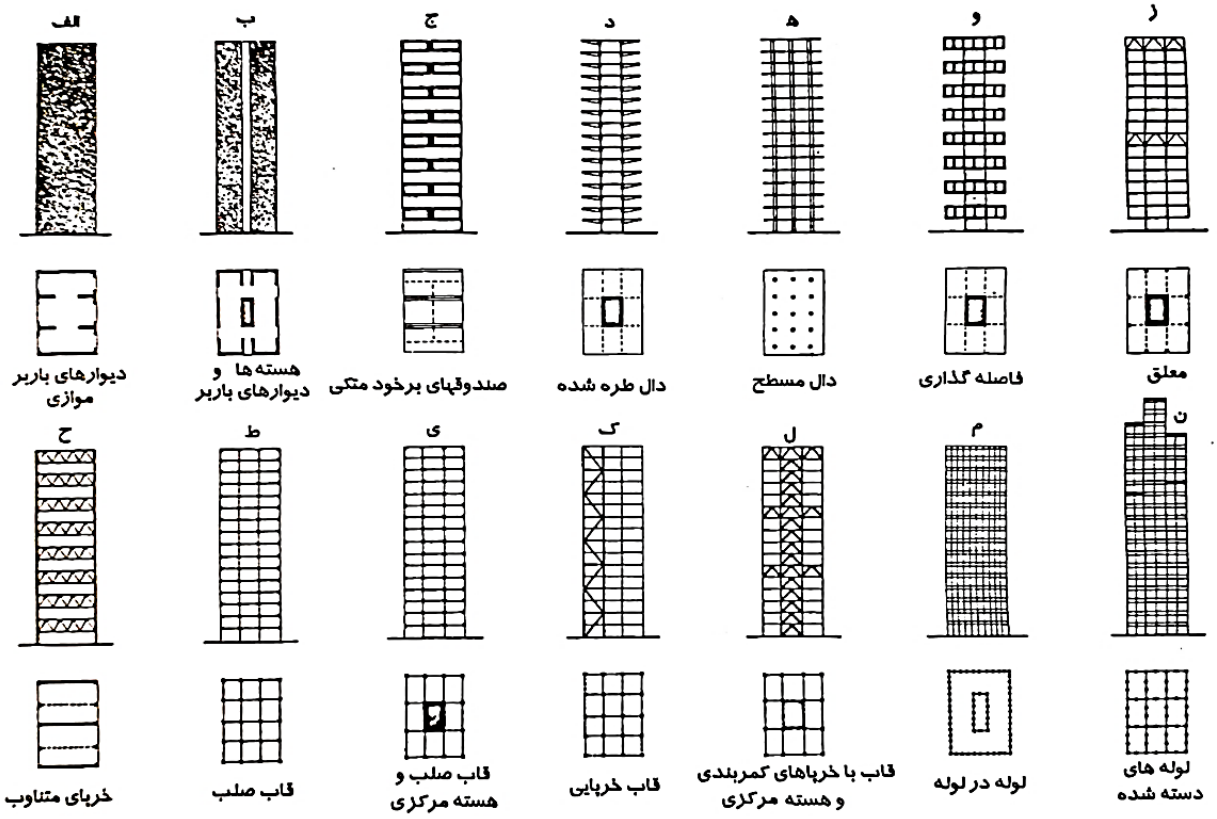
الف) عناصر خطی: ستون و تیر: قابلیت تحمل نیروهای محوری و دورانی را دارد.

ب) عناصر سطحی: دیوار توپر با سوراخ‌های مشبک یا خرپایی می‌باشد. دال توپر یا مشبک یا آجدار؛ روی قاب کف قرار می‌گیرد و قادر به تحمل نیروهای وارده مماسی صفحه و عمود بر صفحه خود است.

ج) عناصر فضایی: پوشش نما یا هسته مرکزی؛ به‌عنوان مثال، اتصال اجزای ساختمان، دارای عملکرد لرزه‌ای واحد هستند. ترکیبی از این عناصر اساسی، ساختار اسکلتی ساختمان را ایجاد می‌کنند. البته راه‌حل‌های ممکن را می‌توان بیشمار تصور کرد. متداول‌ترین نوع آنها به شرح زیر در شکل (۱)، نشان داده شده است [۳].

۳. پایداری کلی بناهای بلندمرتبه

افزایش جمعیت در مراکز شهرها به‌علت تمرکز سکونت یا کار و نیاز به استفاده بیشتر از زمین در این مناطق، عواملی بوده اند که ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه را به عنوان یک ضرورت در شهرهای بزرگ جهان مطرح کرده‌اند. از آنجا که معمولاً این نوع ساختمان‌ها در حین ساخت و بهره‌برداری منابع زیادی مصرف می‌کنند و زمانی که عمرشان به پایان رسیده و تخریب می‌شوند، تلفات انرژی زیادی دارند؛ پس اساساً با اهداف پایداری در تضاد هستند. اما باتوجه به نیاز بلندمرتبه‌سازی در شهرهای پرجمعیت به علت کمبود زمین، در حال حاضر این ساختمان‌ها احداث می‌شوند که لازم است طراحان و دست‌اندرکاران ساخت‌وساز، به‌دنبال تعدیل اثرات منفی آن بر محیط‌زیست از یک‌سو و تأمین نیازهای طبیعی افراد ذینفع یا کاربران آن ساختمان‌ها از سویی دیگر باشند.



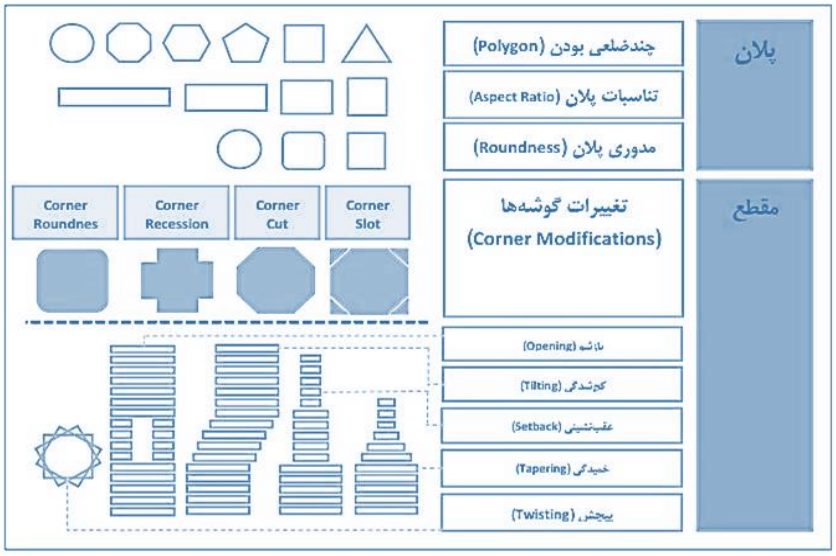
شکل۱. سازه‌های لرزه‌پذیر متداول در ساختمان‌های بلندمرتبه، [۳]

۴. پایداری لرزه‌ای بناهای بلندمرتبه

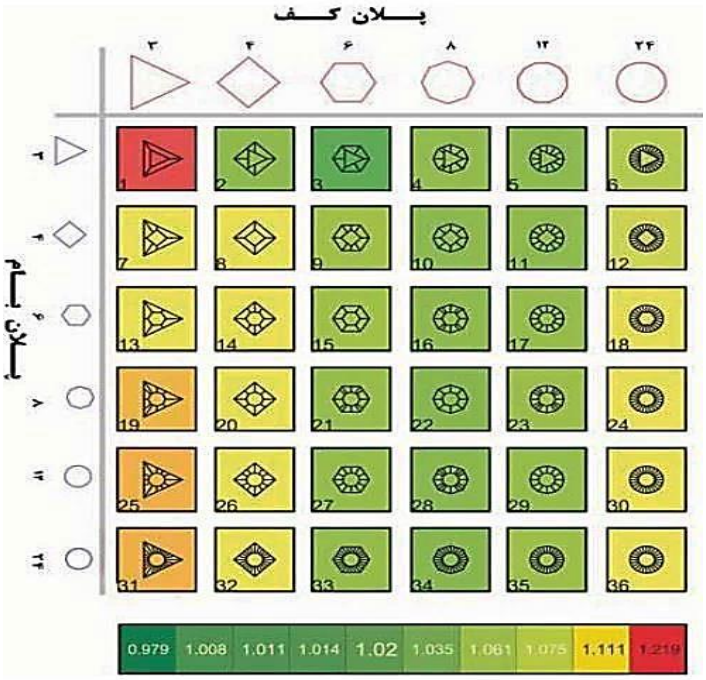
شکل‌گیری ساختمان‌های‌بلند نتیجه رشد فناوری‌های پیشرفته در نیازهای معماری انسان است. با گذشت زمان، این ساختمان‌ها به دلیل ظرفیت و وسعت چشمگیرشان، از دیدگاه‌های مختلف معماری، سازه، تأسیسات، مسائل شهری، موارد مربوط به زیست‌محیطی مورد بحث قرار گرفته‌اند [۴]. تمهیدات ساختاری و شکلی، ضمانتی برای پایداری یک ساختمان بلندمرتبه می‌باشند. از جمله عوامل مؤثر بر آسیب-پذیری این ساختمان‌ها، تأثیرات فرم ساختمان‌های بلند بر عملکرد سازه‌ای آن‌ها، تأثیر زیادی بر پایداری و بهینه‌سازی این ساختمان‌ها داشته است [۲]. از آنجایی که خرابی ساختمان‌ها در زمان زلزله نتیجه بی‌توجهی مهندسین دست دراندر کار طراحی و ساخت است، درک یکپارچه معماری و سازه در چنین ساختمان‌های پیچیده‌ای جهت طراحی مطلوب و پاسخگو Y ضروری است.

۵. مقاومت لرزه‌ای بناهای بلندمرتبه

یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروزین در طراحی برج‌های بلندمرتبه، افزایش اثرات تخریبی نیروهای جانبی لرزه‌ای زلزله‌ها است. به‌دلیل محدودیت‌ها و الزامات خاص معماری و سازه‌ای، ساختمان‌های بلندمرتبه از ویژگی‌های خاصی به شرح زیر پیروی می‌کنند: تأثیر بارهای جانبی نسبت به بارهای ثقلی قائم در چنین ساختمان‌هایی بیش از حد است و آنها کنترل عملکرد را به‌دست می‌گیرند. بر این اساس، ایجاد راهکارهایی برای پایداری جانبی یا مقاومت لرزه‌ای افقی بیشتر لازم است [۵]. لذا مهمترین روش کاهش آسیب‌پذیری زلزله، ایجاد پایداری لرزه‌ای ساختمان‌های بلند می‌باشد که با کمک تمهیداتی در ویژگی‌های سازه‌ای و فرم معماری بناهای بلندمرتبه انجام‌پذیر است اما تاکنون به ظرفیت‌های فرم ساختمان نسبت‌به ظرفیت‌های سازه‌ای برای پایداری در برابر زلزله توجه کمتری شده است. شاخص‌های مختلفی در فرم معماری ساختمان‌های بلند وجود دارد که بر عملکرد سازه‌ای ساختمان‌های بلند تأثیر می‌گذارد. این شاخص‌ها شامل مواردی هستند که می‌توانند ویژگی‌هایی را در تحمل برش افقی یا عمودی ساختمان ایجاد کنند، در شکل (۲)، این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۶]. تأثیر شکل پلان بر عملکرد سازه در برخی شاخص‌ها محسوس و در برخی کمتر قابل تشخیص است. این اثر در حداکثر جابه‌جایی طبقات (دریفت نسبی) بین طبقات کمتر است، اما تفاوت واضح‌تری در وزن و زمان تناوب اصلی سازه‌ای ایجاد می‌کند [۶]. در شکل (۳)، میزان جابه‌جایی بالاترین تراز ساختمان در فرم-های مورد بررسی نشان داده شده است. به‌طور کلی کمتر بودن تعداد اضلاع پلان کف (۳ضلعی و ۴ضلعی) سبب افزایش مقادیر تغییر مکان افقی می‌شود، در فرم‌های با تعداد اضلاع پلان کف متوسط (۶ضلعی و ۸ضلعی)، مقادیر تغییر مکان افقی کاهش و مجددا با افزایش تعداد اضلاع پلان کف، این میزان افزایش می‌یابد [۷].



شکل ۲. دسته‌بندی شاخص‌های مؤثر بر لرزه پذیری فرم ساختمان بلند [۶]



شکل ۳. میزان جابه‌جایی بالاترین تراز براساس هریک از فرم‌ها به متر [۷]

لذا غیریکنواختی در هندسه، توزیع جرم، توزیع سختی موجب تفاوت مرکز سختی و مرکز جرم و رفتار پیچشی در سازه می‌شود. بارهای مخرب لرزه‌ای در مرکز جرم ولی نیروهای مقاوم در مرکزسختی سازه اعمال می‌گردند. پیچش سازه‌ای زمانی بوجود می‌آید که مرکز جرم و مرکز سختی در یک موقعیت نباشند. عوامل مؤثر در این رفتار سازه‌ای در جدول (۲)، مشخص گردیده است [۸].

الگوی بایونیک برگرفته از موجودات زنده

معماری بایونیک ادغام علم ارگانیک، فناوری، هنر و طبیعت است. از قدیم معماران تلاش در پرهیز از روش‌های سنتی در طراحی داشته‌اند ولی امروزه معماری بایونیک با الهام از طبیعت را فراگرفته‌اند. هدف اصلی معماری بایونیک، بهبود کیفیت معماری و با دیدگاه نوآورانه در طراحی معماری است. به نظر می‌رسد که معماری بایونیک زنده‌تر و پر جنب و جوش‌تر از الگوهای دیگر معماری است و بایونیک ساختارهایی با طرح‌های منحصر به فرد را برای رویکردهای جدید در طراحی پایدار ایجاد می‌کند که از توسعه تکاملی سیستم‌های زنده، و الگوهای ویژگی‌های مادی آن‌ها و یا از واکنش تطبیقی آن موجودات در عالم هستی ناشی می‌شود [۹].

الهام از طبیعت، تاثیرگذار بر فناوری طراحی سازه‌های معماری است و استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی نیز در الگوبرداری از شکل یا فرم‌های موجودات زنده، در روند فرم-یابی موثر هستند؛ چنان‌که طبق گفته توماس و رافائل طبیعت سرمنشاء حل مشکلات طراحی است و از طرفی روش‌های مهندسی به پیشرفت قابل توجهی در زمینه بیولوژی رسیده است. نمونه‌های گوناگونی از سیستم‌های ساختمانی نیز به کمک مشاهده طبیعت، در علم بایونیک مطرح شده که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

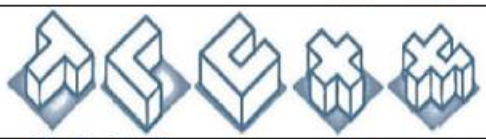
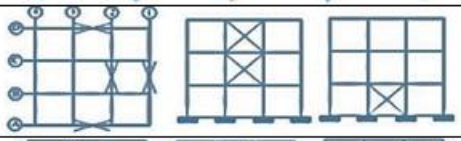
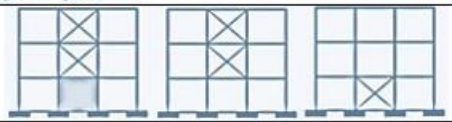
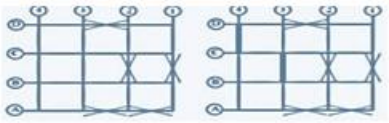
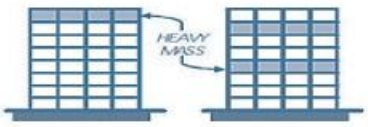
۱) سازه‌های با ساختمانی ستون‌دار با الهام از گیاهان طبیعی

۲) سازه‌های پوسته‌ای با الهام از فرم‌های گنبدی در طبیعت

۳) سازه‌های کابلی کشسان با الهام از خصوصیات تار عنکبوت

این در حالی است که بایونیک به طبیعت دیدگاه فناورانه داشته و طراح ارگانیک با دیدگاهی احساساتی به آن الگو می-نگرد [۱۰]. دلیل استفاده از علم بایونیک عدم خطاها در طبیعت است. انسان برای حل مشکلات طراحی محصولات خود نیاز به ارتباط مستمر با طبیعت دارد [۱۱]. البته تاکنون، مطالعات کمی در زمینه‌ی الگوگیری از طبیعت برای پایداری جانبی یا مقاومت با کفایت لرزه‌ای افقی ساختمان‌های بلند-مرتبه صورت گرفته است که بررسی بیشتر آن، هدف این مقاله است.

جدول ۲. عوامل مؤثر بر ایجاد رفتار پیچشی ناخواسته در سازه‌های بلندمرتبه [۸]

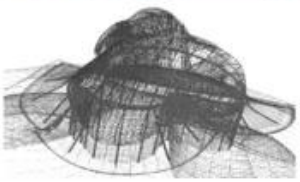
انواع نامنظمی محتمل در فرم معماری و سازه مناسب با آن		
نامنظمی در هندسه	عدم تقارن درارتفاع	
	عدم تقارن درتراز افقی	
	عدم تقارن درهندسه	
نامنظمی در سختی	عدم تقارن درسختی قائم	
	عدم تقارن در سختی افقی	
	عدم تقارن در ساختارمقاوم	
نامنظمی در جرم	عدم تقارن در توزیع ارتفاع	
	عدم تقارن در توزیع افقی	

الگوی بایونیک برگرفته از فناوری زنده

به‌طور کلی، فرایند تقلید از طبیعت برای خلق ایده‌ها و نوآوری‌های جدید را بایونیک می‌گویند. این روزها تلاش برای ترکیب فناوری و علم زیست‌شناسی توجه طراحان بیشتری را به خود اختصاص داده است. بنابراین طراحی بایونیک برای یافتن روشی برای ارتباط بین طبیعت و فعالیت‌های بشر برای زندگی بهتر مطرح شد با تحلیل بدن و اسکلت جانوران خاصی و شبیه‌سازی تحرک و احساس آن‌ها، سازه‌های جدیدی برای کارآمدی بهره‌برداری بشر و تأمین آسایش انسان شکل گرفته است. طراحی بایونیک به‌طور کلی براساس اشکال ساختی و پدیده‌های طبیعی است. طراحان این شیوه عمدتا بر جوانب فیزیکی طبیعی بودن و همچنین اشکال تکامل حیات تمرکز دارند. بنابراین طراحان و معماران می‌توانند از ترتیب اشیاء در طبیعت، چگونگی تحقق وجودشان و طرق دیگر وابسته به طبیعت الهام بگیرند افزون براین همانطور که طراح آلمانی مشهور؛ «لوییجی کولانی» می‌گوید: ایجاد طراحی در زندگی طبیعی نهفته است. همچنین «یوجین تسوی» مشهور در زمینهٔ قوانین طبیعی در طراحی چنین اذعان کرده است که

ساختارهای تکامل یافته طبیعی برای طراحی زیست‌محیطی قبل از ارائه‌ی ایده‌ی محیط‌زیست (اکولوژیک) مطرح شده است [۱۲]. عمدتاً در قرن بیستم، کاوش‌ها نشانگر برای شیوه طراحی با الهام از طبیعت در منطق سازه‌ای، در خصوص معماران و سازندگان مشهود است. جدول (۳)، نشان می‌دهد که چگونه الهام از الگوهای موجود در طبیعت در قرن بیستم تغییر کرد [۱۳].

جدول ۳. نمونه‌هایی از استفاده الهامات فناوری بایونیک در قرن بیستم [۱۳]

	دوره و تاریخ	طراح	توضیحات الهام	ساختمان نمونه	عکس
۱	هنر نو ۱۹۱۰-۱۸۹۰	هکتور گیمار ویکتور هورتا آنتونی گائودی	استفاده مجسمه‌ای از زیبایی شناسی و بایوتیک، تزیینات در معماری	۱۹۱۱ هکتور گیمار، در و زیور آلات پورتال	
۲	مدرنیسم	فرانک لوید رایت	تعبیه ساختمان در طبیعت، ارگانیک معماری	۱۹۶۴ خانه فالینگ واتر	
۳	مدرنیسم	فری اتو یاکمیئستر فولر هاینز ایسلر	معرفی سازه پوسته-ای، مفهوم فرم‌یابی در فیزیک مدل‌ها، غشاها و ساختارهای میله‌ای	۱۹۷۲ فری اتو، المپیک مونیخ استادیوم	
٤	مدرنیسم	ایرو سارینن جورن اوتزون تیمایر	استفاده از سطوح فرم‌یاب و آزاد در سازه‌های بتن مسلح	۱۹۶۲ Eero Saarinen، فرودگاه JFK	
٥	ساختارشکنانه	فرانک گهری	طراحی و ساخت دیجیتال پیشرفته ابزار، ژئومورفیسم	۱۹۹۲ ماهی طلایی	
٦	پست مدرنیسم	گرگ لین	مورفوژنتیک، ترکیب بیولوژیکی رشد و جهش براساس نرم‌افزار و انیمیشن	۱۹۹۰ تجسم جنین شناسی مسکن، از انقلاب فناوری اطلاعات در معماری	
۷	پست مدرنیسم	سانتیاگو کالاتراوا	کالاتراوا معمار و مهندس سازه، سبک منحصر به فرد بر اساس بازسازی ساختارهای طبیعی: بیومورفیزم	۱۹۹۷ غرفه کوادراچی، موزه هنر میلواکی	

یکی از مهمترین شرایط برای عملکرد بهینه یک محیط مصنوعی، وحدت سازمان‌یافته آن با محیط طبیعی و همچنین تقلید عمدی است که پیش نیاز عینی روند بایونیک در معماری محسوب می‌شود. معماری بایونیک ابتکاری راهی برای «بازگشت به طبیعت» است تا همزیستی مسالمت‌آمیز خود را با بشریت فراهم کند. بایونیک معماری به مردم کمک می‌کند تا خانه‌های خود را راحت‌تر طراحی نموده و بسازند، شهرها را روشن‌تر و تمیزتر کنند و کل دنیای معماری را زیبا و جذاب کنند[۱۴].

هدف معماری بایونیک دستیابی به یک نوع معماری مرسوم با اصول معماری پایدار و هماهنگ با طبیعت است. یکی از گرایش‌های معماری بایونیک روح بخشیدن به ساختمان است. به‌عبارت دیگر هدف معماران بایونیک آن است که ساختمان بتواند زنده بودن خود را به مخاطب القاء کند. حوزه معماری بایونیک به منظور الگوبرداری از طبیعت دارای سه بخش است:

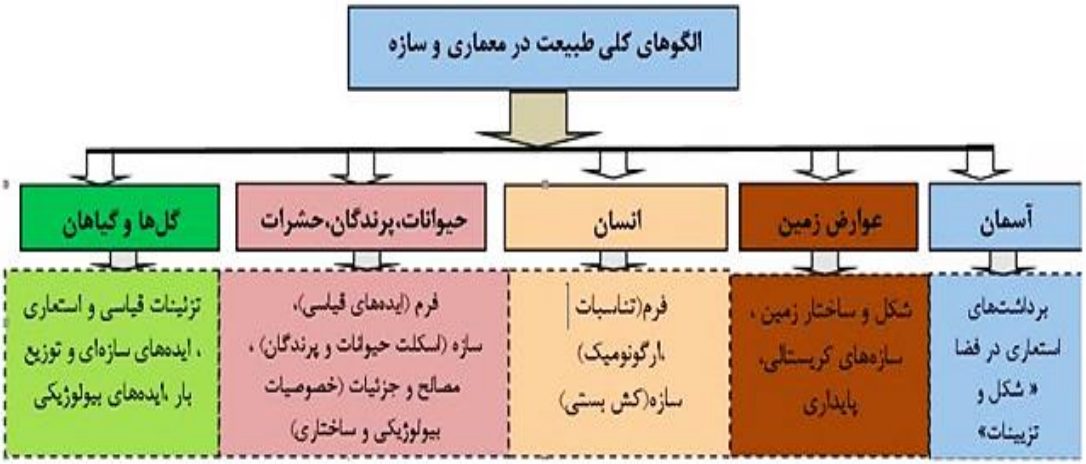
۱) الگوبرداری از سیستم و ساختار اصلی طبیعی
۲) الگوبرداری از عناصر عملکردی و سازوکارها
۳) الگوبرداری از طبیعت به روش ریخت‌شناسی

بنابراین معماری بایونیک همیشه منبع بی‌پایان الهامات خلاق بشر بوده و خواهد بود. انسان همواره بسیاری از مشکلات حیاتی خود را با مطالعه و تحلیل فرآیندهای شکلی، رفتاری و ساختاری در طبیعت حل کرده و باید این الگوبرداری کارآمد را ادامه دهد [۱۵].

توجه به مظاهر اصلی طبیعت، تعابیر گوناگون استعاری-معنایی، فرمی و ساختاری را درپی داشته است. لذا می‌توان گفت تعداد زیادی از ایده‌ها و مفاهیم جدید معماری، ریشه در توجه به زوایای پنهان طبیعت دارد که به‌طرز شگفت-انگیزی، از طریق مشاهده و ارزیابی بازتاب‌های طبیعی آشکار می‌شوند. در نمودار (۱)، الگوهای کلی طبیعت در معماری و سازه نمایش داده شده است [۱۶].

۶-۲. الگوی بایواستراکچر برگرفته از ساختار زنده

به‌کارگیری آموزه‌های طبیعت در طراحی سازۀ ساختمان (که ارتباط تنگاتنگی با معماری و عملکرد آن دارد) نه‌تنها می‌تواند تأثیرات مثبتی بر حس زیبایی‌شناسی ساختمان، خلوص جریان نیروها در مسیر انتقال آن‌ها، ابعاد کوچکتر برای اجزای سازه، کارآمدی بالای عناصر سازه‌ای؛ بلکه باعث استفاده بهینه از مصالح و در نتیجه آسیب کمتر به محیط زیست می‌شود. پس استفاده از چنین مفاهیمی برای طراحان و معماران در جوامع مختلف به‌ویژه در کشور ایران مطلوب می‌باشد [۲]. به منظور دستیابی به پایداری کامل یک ساختمان، بارگذاری باید بدون عیب و نقص منتقل شوند. در این صورت، بایونیک ساختاری؛ نقش بزرگی در معماری بایونیک ایفاء می‌کند. هنگامی که صحبت از ساختارهای سبک، کابل، غشاء، پوسته نازک می‌شود، بایونیک در ساخت‌وساز یک زمینۀ امیدوارکننده است. فواید روش‌های جدید ساختمانی از طریق تفسیر سازوکار اشکال طبیعی، گیاهان و ساختارهای استخوانی کشف شده است. ساختمان کریستال پالاس از بافت رگه‌ای گیاهان تقلید می‌کند و حداکثر بار را با حداقل مصالح تحمل می‌کند [۱۷].



نمودار ۱. الگوهای کلی طبیعت از جنبه معماری و سازه [۱۶]

بایونیک سازه‌ای یک روش قابل اعتماد برای بهبود کارایی یک سازه ارائه می‌دهد که برای کاهش مصرف منابع و توسعه پایداری کارایی بسیار بالایی دارد. در واقع، راهکارهای ساختاری الگوگرفته از طبیعت را می‌توان با موفقیت به ساخت و ساز فنی انتقال داد تا حداکثر بازدهٔ سازه‌ای را با حداقل مصرف انرژی به دست آورد. بنابراین، طراحی بایونیک سازه با تقلید از اصول ساختاری بیولوژیکی، راه‌حل جدیدی برای ارتقای مفاهیم طراحی سنتی و دستیابی به حداکثر کارایی سازه‌ای ارائه می‌دهد [۱۸]. در نمودار (۲)، حوزه‌های تعامل طبیعی معماری و سازه مطابق فناوری بایونیک معرفی شده‌اند.

۶-۳. الگوی بایومیمتیک برگرفته از رخسار زنده

واژهٔ بیومیمتیک از ترکیب دو واژه "بیولوژی" علم زیست و "میمتیک" به‌معنای تقلید گرفته شده است. بسیاری از محققان معتقد هستند که زیست الگو را تعریف کرده‌اند. به‌عنوان مثال «بنیوس» زیست الگو را به عنوان یک اصل جدید تعریف کرده است که بهترین ایده‌های طبیعت را بررسی می‌کند و آن‌را به الگوبرداری از طرح‌ها و فرایندها برای حل مشکلات انسان، تعریف کرده است. اما «پدرسون زاری» اشاره کرده است که یکی از موانعی که معماران با آن روبرو هستند، نداشتن تعریف روشنی از گزینه‌های متعددی است که می توانند در طرح پروژه خود استفاده کنند. از سوی دیگر، «گوبر» زیست‌الگو را این‌گونه تعریف کرده است: مطالعه زمینه‌های مشترک زندگی موجودات زنده و معماری دارای پتانسیل نوآورانه برای حل مشکلات معماری می‌باشد [۱۹]. در جدول (۴)، رویکردهای اصلی در بایومیمتیک مبتنی بر تبیین مسئله و تعیین راهکار نمایش داده شده است.

توافق کلی بین محققان در این است که بایومیمتیک بر دو جزء کلیدی بنا شده است: درس‌هایی از طبیعت و استفاده از آن‌ها برای ایجاد راه‌حل‌های عملی در مشکلات طراحی انسانی. کاربردهای بالقوه بایومیمتیک در معماری شامل ادغام عناصر ساختمان با چرخهٔ حیات در طبیعت، حمایت از سازه های سبک‌وزن و بهینه سازی رفتار ساختمان است، اما محدود به آن نیست. در محیط ساخته شده فعلی، بایومیمتیک برای راه‌اندازی یک سیستم تهویه طبیعی، ارائه سیستم های کنترل غیرفعال و بهبود اجزاء از جنبهٔ زیبایی شناختی، استفاده شده است. با این حال، این رشته هنوز نسبتاً جدید و انتزاعی است [۲۱]. البته در این خصوص مثال‌های زیادی از به‌کارگیری روش زیست‌الگو در معماری تراز نوین امروزین وجود دارند که در جدول (۵)، نمونه‌هایی از کاربرد بایومیمتیک در معماری حاضر نمایش داده شده است.

به عبارت دیگر در کنار کلمه بایونیک، کلمه بایومیمتیک نیز بسیار رایج است. این کلمه نیز از ترکیب دوکلمه معنای تقلید از الگوی ریخت‌شناسانه موجودات زنده است. میمتیک کلمه‌ی خاصی است که در زیست‌شناسی برای مطالعه رفتار ظاهری حیوانات استفاده می‌شود. این بدان معناست که حیوانات برای بهبود عملکرد خود از رفتار خاصی از نظر ظاهر، رنگ یا رفتار تقلید می‌کنند. بایومیمتیک بر تعامل بین موجودات و محیط آنها تمرکز دارد [۲]. شکل (۴)، روند تبدیل ایده به ساخت مهندسی را نمایش می‌دهد.

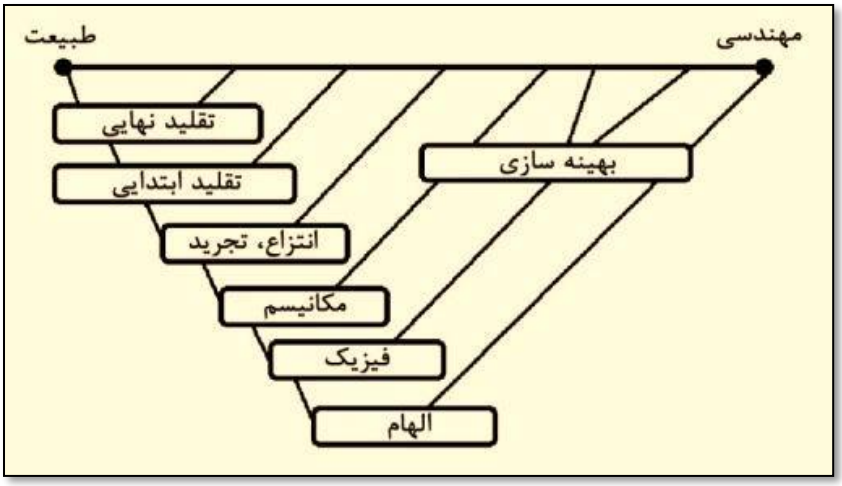
نمودار۲. حوزه‌های تعامل معماری و سازه با طبیعت در بایونیک [۱۶]

جدول ۴. رویکردهای اصلی در بایومیمتیک [۲۰]

رویکرد	تعاریف
رویکرد مبتنی بر مسئله	این رویکرد اسامی متعددی دارد. مثل طراحی با نگاه به زیست‌شناسی، طراحی بر اساس حیات موجودات زنده، رویکرد کل به جز یا روش از بالا به پایین و رویکرد مسئله محور که همگی معنای یکسانی دارند این روش با الهام از زندگی موجودات زنده و در قالب اتخاذ گام‌هایی که غیر خطی یا پویا هستند، اجرا می‌شود. این روش بازخورد و همچنین پالایش در چرخه‌ها را به دست می‌دهد. در این روش، طراحان از طریق شناخت مسئله به دنبال یافتن راهکارهای حل این مسئله هستند (Yowell, 2011). روش یاد شده زیست‌شناسان را ترغیب می‌کند تا مسئله موجود را با موجود زنده‌ای تطبیق دهند که مسئله‌ای مشابه با این مسئله را حل کرده است. روش مبتنی بر مسئله متکی بر شناخت اهداف و محدودیت‌های طرح است (مازولنی، ۲۰۱۳).
رویکرد مبتنی بر راهکار	این رویکرد نیز دارای عناوین مختلفی است که عبارتند از: زیست‌شناسی متأثرکننده طراحی، طراحی متأثر از حیات موجودات زنده، روش از پایین به بالا یا رویکرد جز به کل و راهکار مبتنی بر طراحی با الهام از زیست موجودات زنده یا رویکرد راه‌حل محور (گلابچی، خرسند، ۱۳۹۲: ۵۸-۵۹). این روش زمانی استفاده می‌شود که فرایند طراحی به جای اتکا بر مشکلات طراحی انسانی اساساً به دانش علمی زیست‌شناسان و دانشمندان وابسته باشد. به‌عنوان مثال، آنالیز علمی فرایند تمیزشدن سطح گل‌های نیلوفر از آب مرداب منجر به شکل‌گیری طرح‌های جدید زیادی شده است. حاصل این آنالیز، تولید محصول رنگ نمای خارجی ساختمان با عنوان (Stolotusan) است که امکان خود تمیز شوندگی را برای ساختمان فراهم می‌کند (Zari, ۲۰۰۷).

جدول ۵. نمونه‌هایی از کاربرد بایومیمتیک در معماری [۲۰]

نام بنا	تصویر	منبع الهام	کاربرد در طراحی	حل مسئله	سطح زیست الگو
برج ایفل		استخوان ران	– پوسته رو به بیرون شبیه پوسته استخوان ران است. – شبکه از تیرها و مهاربندهای فلزی ساخته می‌شود.	– مقاوم در برابر اثرات خمش و برش ناشی از باد – حل مسئله تهویه	سطح ارگانیسم
مکعب آبی		حباب‌های آب	سطح پوشیده از غشاء حباب‌های آبی روشن یالشتک پنوماتیک که از ماده ETFE ساخته شده است. این ماده امکان وقوع اثر حباب را فراهم می‌کند.	– حباب‌ها اثرژی خورشیدی را که استخر آب را گرم می‌کند، جمع‌آوری می‌کنند. – امکان تنظیم دما را فراهم می‌کند.	سطح ارگانیسم
ورزشگاه ملی پکن		آشیانه پرندگان	حاوی پنل‌هایی از جنس ETFE است که با انباشتن تکه های کوچک مواد به شکل شاخه شاخه از هم جدا می‌شوند.	– امکان تهویه از طریق منافذ نمای خارجی – کاهش بار مرده پنل‌های سقف – کاهش هزینه و قابلیت بازیابی	سطح رفتار
مرکز خریداستکیت		تپه موریانه	مرکز باز می‌شود و هوای بیشتری را می‌کشد تا به فن‌ها کمک کند و از طریق کانال‌هایی که در مرکز ساختمان تعبیه شده‌اند به سمت بالا کشیده شود.	– دما در طول سال بدون نیاز به استفاده از سیستم تهویه مطبوع تنظیم می‌شود.	سطح رفتار
شهر لاواسا HOK		برگ انجیر	پی ساختمان آب را ذخیره می‌کند. سیستم آب‌دهی قطره‌ای آب لازم را برای تمیزکردن سطح آن تأمین می‌کند.	– پاسخگوی سیلاب‌های فصلی، زیرا آب اضافی را جابجا می‌کند.	سطح اکوسیستم



شکل ۴. دیاگرام بایومیمتیک، روند ایده تا مرحلهٔ ساخت مهندسی [۲۲]

۶-۴.الگوی دوستدار طبیعت (بایوفیلیک)

اصطلاح بایوفیلیا از سال ۱۹۷۳ در ادبیات رسمی استفاده می‌شود و به‌عنوان عشق به محیط‌زیست توصیف می‌شود. ویلسون (۱۹۸۴) بایوفیلیا، توجه به زیست و فرآیندهای زیستا، از هر دو جنبه سلامت‌روانی و سلامت‌جسمی است [۲۳].

طراحی بایوفیلیک به‌دنبال ایجاد زیستگاه مناسب افراد به‌عنوان یک ارگانیسم بیولوژیکی در محیط ساخته شده مدرن است که رفاه افراد، سلامت و تناسب اندام را ارتقا می‌دهد. کاربرد موفقیت‌آمیز طراحی بایوفیلیک مستلزم رعایت مداوم برخی اصول اساسی است.

طراحی بایوفیلیک نیاز به ارتباط مکرر و پایدار با طبیعت است. و بر سازگاری انسان با جهان طبیعی؛ سلامت، تناسبات و رفاه افراد را ارتقاء داده است. وابستگی عاطفی به مکان‌ها و مکان‌های خاص را تشویق می‌کند. تعاملات مردم و طبیعت را با حس گسترش مسئولیت‌پذیری در جوامع انسانی تشویق می‌کند. تقویت به‌هم پیوستگی راه حل‌های معماری یکپارچه را تشویق می‌کند [۲۴]. طراحی به روش بایوفیلیک، شامل موارد دسته بندی شده در زیر است:

الف) طبیعت الگوهای فضایی: ارتباط غیر بصری با طبیعت، ارتباط بصری با طبیعت، محرک‌های حسی غیر ریتمیک، جریان هوا و تغییرات حرارتی، وجود آب، پویایی و انتشار نور و نهایتاً ارتباط با سیستم‌های طبیعی

ب) تشابه الگوهای طبیعی: اشکال و الگوهای بایوفیلیک، ارتباط مواد با طبیعت، پیچیدگی در عین نظم

ج) ماهیت الگوهای فضایی: چشم‌انداز، سرپناه، رمز و راز ، ریسک [۲۵].

۶-۵. بایوتکنیک یا الگوگیری از موجودات زنده

ادغام معماری و فناوری موجودات زنده عصر جدیدی از شیوه‌های طراحی و ساخت و ساز پایدار آغاز شده است که با نوآوری‌های امروزین در ساخت زیستی و مواد پایدار مشخص شده است. مزایای تلفیق معماری با فناوری موجودات زنده بسیار زیاد است. این امر با کاهش اتکاء به مصالح مصرفی و فرآیندهای سنتی و منابع فشرده، پایداری را ارتقاء می‌دهد. نوآوری‌های فناوری موجودات زنده، مانند مواد مبتنی بر زیست، طرح‌های بیومیمتیک، و تکنیک‌های ساخت زیستی، کارایی منابع را افزایش داده و اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند [۲۶]. نمودار (۳)، روابط معماری، فناوری و طبیعت از پست مدرنیسم را نشان می‌دهد.

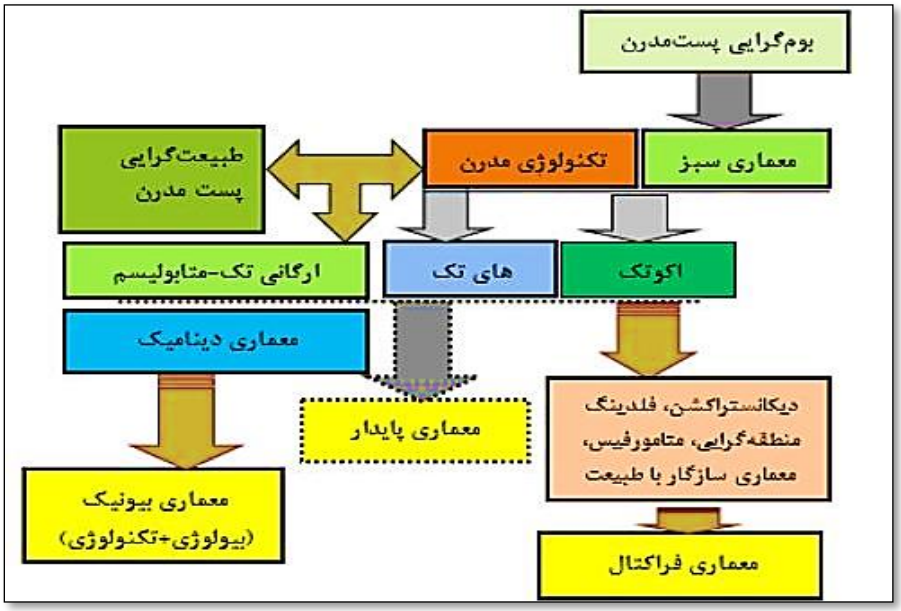
۷. طراحی بایونیک و معماری پایدار

کاربرد بایونیک در پایداری ساختمان کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه پایداری را برآورده کردن نیازهای حال بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود تعریف کرده است. یکی از راه‌های رسیدن‌به پایداری، ایجاد ساخت و سازهای پایدار از طریق طراحی پایدار برای ساختمان‌ها است. طراحی پایدار یک نگرش یا روش عمل است و اصول آن مبتنی‌بر این واقعیت استوار است که ساختمان بخش کوچکی از طبیعت اطراف است و باید به‌عنوان بخشی از اکوسیستم عمل کند و با قرارگرفتن در چرخه

حیات، برای دستیابی به اهداف در طراحی پایدار، باید سه اصل اساسی را در طراحی معماری پایدار درنظر گرفت. حفاظت از منابعی که با کاهش، استفاده مجدد و بازیافت منابع طبیعی مورد استفاده در ساختمان سروکار دارد. طراحی براساس چرخه حیات، که روشی را برای تجزیه و تحلیل فرآیند ساخت بنا و اثرات آن بر محیط‌زیست و در نهایت طراحی انسانی که بر تعامل بین انسان و جهان طبیعی تمرکز دارد، پیشنهاد می‌کند. پس‌از بررسی این اهداف و روش‌های دستیابی به آنها، جدول (۶)، برای مشخص‌کردن قسمت‌هایی از ساختمان که برای الگوگیری از طبیعت باید مورد توجه قرار گیرند، تنظیم شد [۱۵].

مواد و روش‌ها

در پژوهش، ابتدا منابع کتابخانه‌ای و اسنادی، مصاحبه و مطالعه نمونه موردی دارای شاخص‌های موثر در ایجاد برجی لرزه‌پذیر با الگوگیری از طبیعت را یافته و پس از مشورت با گروهی از متخصصان به طبقه‌بندی و تدوین پرسشنامه اقدام گردید. روش تحقیق در این پژوهش از نوع کیفی- تحلیلی و پیمایشی می‌باشد. جامعه آماری تحلیل و سنجش به‌روش کیو ۴۶ نفر از متخصصین رشتهٔ معماری و سازه بوده به روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند و ابزار پژوهش در مطالعه اسنادی منابع علمی پژوهشی بودند. در این تحقیق از ابزار و روش‌های مختلف جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه و مصاحبه استفاده شده است. پرسشنامه شامل ۹۵ سؤال با هدف ارزیابی متغیرها از دید جامعه متخصصان و اساتید دانشگاه در رشته معماری و سازه است. پس از جمع‌آوری اطلاعات از جامعه مورد نظر، نتایج را ابتدا به‌صورت تجزیه و تحلیل توصیفی و به‌شکل نمودار و جدول نشان داده و سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار (SPSS)، به یک‌سری از اطلاعات مناسب برای کمک به امر طراحی بدست آمده است. در سنجش پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شد و ضریب قابلیت اتکایی ۹۵ سؤال مورد پرسش محاسبه شد که ضریب ۰/۹۶۳ = a حاصل گردیده است. جدول (۷)، دلالت بر اعتبار پرسشنامه تحقیق حاضر دارد. بنابراین، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل قابل قبول تلقی می‌گردند.



نمودار ۳. روابط معماری، فناوری و طبیعت از پست مدرن [۱۶]

جدول ۶. اهداف پایداری و قابلیت الگوگیری از طبیعت [۲۲]

اهداف کلی پایداری	اهداف جزئی پایداری	روش دسترسی به هدف	بخش‌هایی از ساختمان قابل الگوگیری از طبیعت جهت نیل به هدف پایداری
صرفه‌جویی در مصرف منابع	حفظ انرژی	گرمایش و سرمایش غیرفعال	پوسته بنا و توجه به شرایط محیطی و درونی بنا
		استفاده از منابع جایگزین انرژی	پوسته بنا و توجه به شرایط محیطی
		پرهیز از جذب حرارت یا اتلاف آن	عایق و پوسته بنا
		بکارگیری مواد با انرژی نهادینه پایین	مواد و مصالح ساختمان
		بکارگیری وسایل کم‌مصرف با تجهیزات	تجهیزات بنا
	حفظ آب	زمان‌سنج کاهش میزان مصرف از طریق سردوش‌های کم شدت و به کارگیری توالت‌های مکشی یا استفاده از مخازن کم حجم برای سیفون	تجهیزات و تاسیسات بنا
		استفاده مجدد از طریق جمع‌آوری آب باران و جمع‌آوری پساب یا آب خاکستری	تجهیزات و تاسیسات بنا
	حفظ مواد	استفاده از مواد بازیافت شده یا بازیافت شدنی	مواد و مصالح ساختمانی
		افزودن کارایی در مواد و ساختارها از طریق مرمت ساختارهای موجود و به کارگیری مواد غیر مرسوم ساختمانی. استفاده از موادی که بادوام باشند و به نگهداری کمتری نیاز داشته باشند. استفاده از موادی که منابع تجدیدپذیر بدست آمده است.	مواد و مصالح ساختمانی
طراحی بر اساس چرخه حیات در مرحله قبل از بنا	حفظ مواد	استفاده از موادی که از منابع تجدیدپذیر بدست آمده‌اند که بدون وارد کردن آسیب به نظام زیست برداشت با استخراج شده باشند. بازیافت شده و مواد و مصالح ساختمانی بازیافت شدنی و با دوام باشند و به نگهداری کمتری نیاز داشته باشند.	مواد و مصالح ساختمانی
طراحی انسانی	طراحی برای آسایش انسان	تامین آسایش گرمایی، بصری و صوتی	عایق و پوسته بنا و توجه به شرایط محیطی و درونی بنا
		تامین ارتباط بصری با محیط بیرون	پوسته بنا
		تامین پنجره‌های قابل تنظیم	پوسته بنا
		تامین هوای پاک و تازه	پوسته بنا و توجه به شرایط محیطی
		به‌کارگیری مواد غیرسمی و موادی که گاز تولید نمی‌کنند.	مواد مصالح ساختمانی

جدول ۷. ضریب آلفای کرونباخ Authors

تعداد سوالات	ضریب پایایی آلفای کرونباخ
۹۵	۰/۹۶۳

یافته‌ها

طبق جدول واریانس کلی، چهار مؤلفه پس از بررسی داده‌ها استخراج شده که مؤلفه‌هایشان و مطابق جدول (۸)؛ درصد واریانس تبیین شده به ترتیب، عامل اول ۲۰/۳٪، عامل دوم ۱۰/۹٪، عامل سوم ۵/۱٪ و عامل چهارم ۳/۶٪ می‌باشند. اعتبار عاملی این متغیر با پیش‌فرض‌های مربوطه مناسب است.

لذا چهار عامل اصلی پژوهش حاصل از نتایج تحلیل آماری در جدول (۹) آمده است.

میزان تاثیر عامل اصلی تبیین شده به ترتیب، عامل اول ۲۴/۴، عامل دوم ۱۵/۳، عامل سوم ۸/۷ و عامل چهارم ۵/۹ می‌باشند. که در مجموع بزرگ‌تر از ۵۰% می‌باشد. بنابراین جدول (۹)

راهبردها و راهکارها: با توجه به نتایج آماری بدست آمده از متغیرها، در راستای تحقق ۴ راهبرد نظری کسب شده،

راهکارهای معماری پایدار در تأمین لرزه‌پذیری بناهای بلند مرتبه منطبق با نظرات متخصصان و با استناد به نتایج تحلیل آماری یافته‌ها؛ مطابق با جدول (۱۰) زیر، بدست آمده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

معماران با ورود به دنیای بایونیک و دستیابی به یک نوع معماری منطبق با اصول پایداری و هماهنگ با طبیعت است می‌توانند موجود زنده بودن ساختمان را القاء کند. عمده‌ترین مشکل در رابطه با ساختمان‌های بلند سازه‌ای است. در نیروی افقی باد و زلزله مهم‌ترین نیروهای وارد بر این سازه ها می‌باشند که با بلندمرتبه شدن ساختمان، حرکت ناشی از بار جانبی، تعیین‌کنندهٔ خرابی‌های سازه‌ای می‌شوند. ضمن آنکه برای ساختمان‌های با ارتفاع‌های متفاوت سیستم‌های سازه‌ای متفاوتی از نظر فرم مناسب مطرح است ولی در این تحقیق به دنبال راهکار و الگویی برگرفته از طبیعت با تأثیر پایداری بر لرزه‌پذیری ساختمان‌های بلندمرتبه داشته باشد.

نتایج حاصل از تحقیق در رسیدن به پایداری لرزه‌ای ساختمان بلندمرتبه، چهار عامل معمارانه: «معماری لرزه‌پذیر طبیعت‌گرا»، «معماری سبز پایدار»، «معماری پایدار محیطی» و «هندسه لرزه‌پذیر پایدار» به‌عنوان شاخصه‌های اصلی در طراحی معماری بلندمرتبه بایونیک لرزه‌پذیر محسوب می‌شوند. لذا براساس چهار راهبرد اکتشافی حاصله، تبیین راهکارهای متناسب با نتایج تحقیق؛ معماری پایدار لرزه‌پذیر بلندمرتبه با الگوی موجودات زنده بعنوان دستاورد منطبق با معیارهای منطبق با تحقیق، ارائه شده است.

جدول ۸. تبیین عوامل اصلی تحقیق و کل واریانس مستخرج از یافته‌ها، (مأخذ: نگارندگان)

عوامل مورد بررسی		Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
		مجموع	درصد واریانس	درصد تجمعی	مجموع	درصد واریانس	درصد تجمعی
عامل اول	**معماری لرزه‌پذیر طبیعت‌گرا**	20.3	%50.7	%50.7	20.2	%50.7	%50.7
عامل دوم	**معماری سبز پایدار**	10.9	%27.5	%78.2	10.9	%27.5	%78.2
عامل سوم	**معماری پایدار محیطی**	5.1	%12.8	%90.9	5.1	%12.8	%90.9
عامل چهارم	**هندسه لرزه‌پذیر پایدار**	3.6	%9.1	%100.0	3.6	%9.1	%100.0

جدول ۹. عوامل اصلی مؤثر و نتایج پژوهش، (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	نام عامل اصلی	میزان تاثیر عامل اصلی	درصد تاثیر عامل اصلی	ردیف	نام عامل اصلی	میزان تاثیر عامل اصلی	درصد تاثیر عامل اصلی
۱	معماری لرزه‌پذیر طبیعت‌گرا	24/4	45/0%	۳	معماری پایدار محیطی	8/7	15/9%
۲	معماری سبز پایدار	15/3	28/2%	٤	هندسه لرزه‌پذیر پایدار	5/9	10/9%
	جمع کل تاثیر عامل اصلی					**54/3**	**100%**

جدول ۱۰. راهبردها و راهکارهای معمارانه لرزه‌پذیری بناهای بلند مرتبه، **(مأخذ: نگارندگان)**

جدول ارائه راهبردها و راهکارها پایداری لرزه‌ای معماری بلندمرتبه بر اساس الگوی لرزه‌پذیری موجودات زنده					
ردیف	**راهبرد نظری تحقیق**	**راهکار منطبق با نظرات متخصصان**			
۱	**معماری لرزه‌پذیر طبیعت‌گرا**	لرزه‌پذیری بایونیک			
		ایجاد کمربند خرپایی بین طبقات		استفاده از فرم‌های چندضلعی منتظم	
۲	**معماری سبز پایدار**	دیواره های پایدار محیطی و مهاربندی سبز ساختمان های بلند			
		نمای شفاف مقاوم در طبقات خالی	تأمین شرایط همسازگار فضاهای پر و خالی	به کارگیری دیواره‌های سبز	ایجاد فضاهای خالی در بین هر ۴ طبقه
۳	**معماری پایدار محیطی**	توجه به ضوابط و اصول انتخاب صحیح موقعیت استقرار (حاشیه امن و نور و منظر و تأمین تهویه و ایمنی)			
		ایجاد فضاهای خالی بین کالبدی		رعایت فضای امن ساختمان با بناهای اطراف	
۴	**هندسه لرزه‌پذیر پایدار**	رعایت ضوابط اصولی در تحقق تقارن، توازن، تعادل، تناسبات و در تعیین ابعاد معماری و سازه‌ای			
		استفاده از سختی دوگانه پوسته و هسته لرزه‌پذیر	تناسب ارتفاع با دیگر ابعاد (رعایت ممان واژگونی)	استفاده از انواع میراگرها در پایه و اعضاء و اتصالات	رعایت تقارن ساختمان از هردو جنبه معماری و سازه
		کاهش وزن مخصوص مواد و مصالح و کل ساختمان ضمن حفظ مقاومت و دوام مورد انتظار از معماری			

تشکر و قدردانی: این مقاله مستخرج از پایان نامه ارشد نویسنده دوم با عنوان "الگوی بایونیک طراحی برج اقامتی لرزه‌پذیر با رویکرد انرژی هوشمند در منطقه ۲۲ تهران" تحت راهنمایی دکتر محمد صادق طاهر طلوع دل در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی مورد دفاع طی سال ۱۴۰۲ می‌باشد.

تاییدیه‌های اخلاقی: این مقاله مستخرج از پایان‌نامه ارشد خانم مهندس کسری خادم حجتی با عنوان "الگوی بایونیک طراحی برج اقامتی لرزه‌پذیر با رویکرد انرژی هوشمند در منطقه ۲۲ تهران" با راهنمایی دکتر محمد صادق طاهر طلوع دل در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی بوده که در اسفندماه ۱۴۰۲ دفاع شده و با استناد به منابع معتبر مرتبط حاصل گردیده است.

تعارض منافع: تعارض منافعی میان نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

سهم نویسندگان در مقاله: نویسنده اول استاد راهنمای پایان‌نامه و نویسنده دوم پژوهشگر، با سهمی برابر می‌باشند.

منابع مالی/حمایت‌ها: تأمین منابع مالی مطالعه حاضر توسط دو نویسنده مشترک بوده و از هیچ منبع خارجی تأمین نشده است.

References

1) Azizi A. and Faryadi Sh., 2012, “Economic-Social and Environmental Analysis of The Benefits of Using Solar Water Heater (Shiraz City Case Study)”, Iranian Energy Journal, Volume 15, Number 1.
https://civilica.com/doc/1436976/

2) Golabchi, Mahmoud and Golabchi, Mohammadreza, 2013, “Basics of Designing Tall Buildings”, Tehran, Tehran University Publications.
https://telketab.com/book/مبانی-طراحی-ساختمان-های-بلند-گلابچی-نشر-دانشگاه-تهران

3) Talebi, Jhaleh and Kalantari, Iraj, 2017, “Architectural Design Guide for Tall Residential Buildings”, Tehran, Publishing Center for Road, Housing and Urban Development Research, 8th Edition.
https://elmnet.ir/doc/30901587-20148?elm_num=2

4) Bemanian, Reza, Shakib, Hamzeh, and Dazheh, Farhad, 2018, “Evaluation of Seismic Performance and Determining the Functional Levels of the Double-Fixed-Shear Wall System”, Scientific Research Journal of Modares Civil Engineering, Volume 18, Number 1.
https://elmnet.ir/doc/1859831-10103?elm_num=1

5) Taher Tolou Del, Mohammad Sadegh and Javadian, Nilofer, 2021, “Architectural Criteria of Seismic Stability of High-Rise Towers in Iran”, The fourth National Conference of New Technologies in Architectural, Civil and Urban Engineering in Iran.
https://elmnet.ir/doc/21203250-41411?elm_num=1

6) Ardakani, Amirreza, Gulabchi, Mahmoud, Hosseini, Seyed Mahmoud and Afasalmendan, Mateen, 2017, “Investigation of The Impact of High-Rise Buildings Shapes on Their Structural Stability in Order to Reduce Seismic Hazards (Case Study: The Effect of Shape of Plan)”, Environmental Risk Management (Former Risk Knowledge), Volume 4, Number 1, Spring 2016, pp. 27-42.
https://elmnet.ir/doc/2256933-5223?elm_num=1

7) Kazemi Sangdehi, Seyedpooyan, Afghani Khoraskani, Roham and Tahsil Doost, Mohammad, 2020, “The Effect of the Geometry of Diagrid High-Rise Buildings on their Performance against Lateral Forces of Earthquakes”, Safeh Magazine, Volume 30, Number 88, Page 43-58.

https://elmnet.ir/doc/2200922-71771?elm_num=2
8) Bigleri Fadafan, Ali and Nik Faraz, Farhad, 2020, “Seismic Assessment of The Effect of Horizontal and Vertical Irregularity of The Structure on The Torsional Behavior of Reinforced Structures With Shear Walls and Bracing”, Shabak Magazine, Volume 6, Number 1, Series 52, Pages 175-182.
https://elmnet.ir/doc/2709826-59108?elm_num=1
9) Megahed, Neglaa, 2012, “Towards a Bionic Architecture in the Context of Sustainability”, Port-Said Engineering Research Journal, Faculty of Engineering - Port Said University, Volume 16 No. 2 pp.: 181-189.
https://www.researchgate.net/publication/344435727_Towards_a_bionic_architecture_in_the_context_of_sustainability
10) Madi, Hossein and Imani, Marzieh, 2018, “Biomimic Technology and Nature Inspiration”, Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning, Volume 8 No. 1 pp.: 47-55.
https://elmnet.ir/doc/1965860-56411?elm_num=1
11) Sadeghi, Saman, 2007, “Bionic Structure and Structures in Shaping Architectural Form”, The First Structure and Architecture Conference.
https://civilica.com/doc/17378/
12) Ganji Safar, Hamed, 2023, “Sustainability and Bionic Biological Strategies as Parametric Patterns in Architectural Design”, Scientific Journal of Architecture Boutique, Year 3, Number 8, Spring.
https://elmnet.ir/doc/410168789-70275?elm_num=1
13) Dixit, Saurav & Stefańska, Anna, 2022, “Bio-logic, a review on the biomimetic application in architectural and structural design”, Ain Shams Engineering Journal, Volume 14, Issue 1, February 2023, 101822.
https://www.researchgate.net/publication/360547547_Bio-logic_a_review_on_the_biomimetic_application_in_architectural_and_structural_design
14) Olga, Vorobeva, 2018, “Bionic architecture: back to the origins and a step forward”, Iop Conf. Series: Materials Science and Engineering 451, 012145.
https://www.researchgate.net/publication/334081685_Bionic_architecture_back_to_the_origins_and_a_step_forward
15) Taghipour Kasabi, Behzad and Mirzamohammadi, Ahmed, 2019, “Investigating Sustainable Architecture Design With Bionic Architecture Design Approach and Their Relationship With Each Other”, Specialized Scientific Quarterly of Green Architecture, 5th year, Number 1, (Consecutive: 14), Second Volume, Spring.
https://elmnet.ir/doc/2271887-52861?elm_num=1
16) Rouhizadeh, Amirreza, Hafizi, Mohammadreza, Farrokhzad, Mohammad and Panahi, Siamak, 2018, “Taking Advantage of Nature in Teaching Structural Design in Architecture”, Bagh Nazar Journal, 15 (68): 59-72, February.
https://elmnet.ir/doc/2017495-84671?elm_num=1
17) Durnova, Iuliana & Sachinthi Fernando, Marina, 2022, “Bionic Architucture”, Conference Paper, March 2022.
https://www.researchgate.net/publication/359237344_Bionic_architecture
18) Dekini, Mehdi and Nejati, Fatemeh, 2019, “Investigating the Approach of Bionic Architecture in Structure Design”, Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of the Countries of The Islamic World, Iran - Tabriz.
https://elmnet.ir/doc/20844378-19592?elm_num=7

19) Bar-Cohen, Y., 2005 (Ed.), “Biomimetics: Mimicking and being Inspired by Biology”, CRC Press, pp. 505. https://www.researchgate.net/publication/24389180_Biomimetics_Mimicking_and_inspired-by_biology

20) Kheradmand, Saba and Sattari Sarbangali, Hassan, 2018, “Architecture Follows Nature”, Geographical Quarterly of The Land, Scientific-Research, year 15, Number 57, Spring. https://elmnet.ir/doc/2423729-22591?elm_num=1

21) Nkandu, Mwila Isabel & Alibaba, Halil Zafer, 2018, “Biomimicry as an Approach to Sustainable Architecture”, Article in Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Constructions Architecture Section, January 2018. https://www.researchgate.net/publication/323573055_Biomimicry_as_an_Alternative_Approach_to_Sustainability

22) Tirgarian, Mahsa and Qarouni, Fatemeh, 2014, “The Design of The Structure of Tall Buildings Inspired By The Structure of Bamboo”, National Conference on Urban Planning, Urban Management and Sustainable Development. https://elmnet.ir/doc/20105722-51251?elm_num=1

23) Guan, X., et al., 2018, “Biophilic city, vertical city, forest city? Towards an Architectree. IFLA 2018: Biophilic city, smart nation, and future resilience”, Proceedings of the 55th International Federation of Landscape Architects World Congress 2018, International Federation of Landscape Architects, 2018. https://www.researchgate.net/publication/376207289_Biophilic_city_vertical_city_forest_city_Towards_an_Architectree

24) Stephen R. Kellert, Elizabeth F. Calabrese, 2018, “The Practice of Biophilic Design”. https://www.researchgate.net/publication/321959928_The_Practice_of_Biophilic_Design

25) Browning, Hon., “AIAWilliam & Et al., “14 patterns of bio-philiC design Improving Health and Well-Being in the Built environment”, Terrapin Bright Green LLC, New York NY | Washington DC, 2014. BROWNING ET AL (2014) 14 PATTERNS OF BIOPHILIC DESIGN. | Download Table (researchgate.net)

26) Mfon,Ifiok Enobong, Esen Ubong Okpon and Oguike, Michael C., 2024, “Exploring the Fusion of Architecture and Biotechnology”, International Journal of Development, Sustainability and Environmental Management 4 (4) 7-12. https://www.researchgate.net/publication/380292131_Exploring_the_Fusion_of_Architecture_and_Biotechnology