مقاله علمی

(بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول)

بررسی ابعاد بازدهی انرژی در معماری بیونیک؛ موردپژوهی: ساختمان‌های بیونیک

زمان دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۲ زمان پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۲/۸

مرجان کوزه‌ساز[۱]– کارشناس‌ارشد معماری، واحد مهدیشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، مهدیشهر، ایران

سیدمحمدحسین رضوی‌نیا– دکتری معماری، واحد گلبهار، دانشگاه آزاد اسلامی، گلبهار، ایران

علیرضا صادقی– دانشیار گروه شهرسازی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

کوروش مومنی– دانشیار گروه معماری دانشگاه جندی شاپور، اهواز، ایران

مهدی بهرامپور– استادیار گروه شهرسازی، واحد رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، رباط کریم، ایران

چکیده

بازده انرژی در ساختمان‌های بیونیک و معماری سبز بیونیک ابزارهای مهمّی برای حصول اطمینان از ایجاد هماهنگی بین ساختمان‌ها و محیط طبیعی، حفظ تعادل بوم‌شناختی و دستیابی به توسعه پایدار در احداث ساختمان‌ها هستند. بر اساس یک بازبینی درباره فناوری‌های بیونیک برای کارکردها، سازه‌ها و مصالح ساختمانی، در مطالعه حاضر کاربردها و حالات متعارفِ بازده انرژی در ساختمان‌های بیونیک و معماری سبز بیونیک تحلیل می‌شود. علاوه بر این، فناوری ساختمانی غیرفعال با استفاده از منابع انرژی خورشیدی نه تنها می‌تواند کیفیت محیط گرمایی درون ساختمان را بهبود دهد بلکه مصرف انرژی را نیز در ساختمان کاهش می‌دهد. با الهام از خواص مکانیکی، روابط ساختاری و عملکرد مصالح طبیعی و استفاده از آن در سازه ساختمان یا طراحی شکل آن، سازه‌های بزرگ مانند کابل‌های آویزان و سازه‌های دارای پوسته نازک که به ترتیب شبیه به تار عنکبوت و پوسته تخم مرغ هستند، طراحی شده‌اند تا بازدهی منابع ساختمانی بهبود داده شود. به‌طورخلاصه، توسعه معماری سبز بیونیک و بازده انرژی در ساختمان‌های بیونیک باید از قوانین طبیعت پیروی کند و به آن‌ها احترام بگذارد. مطالعه سازوکارهای به‌کار رفته در سیستم‌های زیست‌شناختی ضروری است که همراه با فناوری‌های ساختمانی جدید باید به‌کار گرفته شوند تا از نوآوری در ساختمان‌سازی پشتیبانی کنند و توسعه سریع در ساخت ساختمان‌های سبز و بازدهی انرژی در ساختمان‌ها محقّق شود.

واژگان کلیدی: معماری بیونیک، بازدهی انرژی، معماری سبز.

[۱] نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳۵۶۴۷؛ رایانامه: Marjani123@yahoo.com

۱- مقدمه

ساختمان‌ها به تدریج از محیط‌های زندگی ساده‌ی انسان‌ها (مانند غارها و غیره) در دوران ماقبل تاریخ توسعه یافته‌اند. در طی سال‌ها، انسان‌ها از منابع طبیعی و فناوری، بر اساس شناخت قوانین طبیعی، برای ساختن ساختمان‌هایی استفاده کرده‌اند که نیازهای زندگی و تولیدشان را تأمین می‌کنند. کارکردهای اولیه ساختمان‌ها حفاظت از انسان‌ها و فراهم کردن فضای زندگی بودند که از محیط بیرونی مطلوب‌تر بود. در این مرحله اولیه، ساختمان‌ها از یک رابطه هماهنگ اساسی با محیط طبیعی برخوردار بودند. با این حال، در قرن گذشته، توسعه فناوری گرمایش و تهویه ($HVAC$) تأثیر زیادی بر شکل ساختمان‌ها گذاشته است. انتخاب محل ساختمان، سازه پوشاننده ساختمان و مصالح به کار رفته دیگر محدود به شرایط طبیعی نیست. مقیاس و ظاهر ساختمان‌ها نیز تغییر چشمگیری پیدا کرده‌اند. با این‌حال، توسعه فناوری $HVAC$ نه تنها آزادی بیشتری را در طراحی ساختمان فراهم آورده بلکه به دلیل مصرف انرژی زیاد و آلودگی محیط زیست، مشکلات زیادی را نیز همراه داشته است (Pearce M. 2012).

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

جدول ۱. مقایسه سیستم ساختمانی و سیستم زیست‌شناختی؛ ماخذ: نگارندگان.

Table 1. Comparison of the building system and biological system; source: the authors.

	سیستم ساختمانی	سیستم زیست‌شناختی
نیازهای سیستم	حفظ انرژی در ساختمان، ارتقای انواع ساختمان با محیط و کارکرد سالم و مناسب	حفظ انرژی و اســـتفـاده از آن، تضمین بقا و تولید مثل، دسته‌بندی گونه‌های مناسب
سازوکار تطبیق	کنترل مصنوعی یا خودکار	سازوکار خودپایداری
کارکرد معماری بیونیک	تنظیم محیط درون ســـاختمان و سیستم تأمین انرژی ساختمان	سیستم‌های زیست شناختی با نور، باد، دما و رطوبت تطبیق پیدا می‌کنند.
ساختار معماری بیونیک	ساختار و ریخت معماری	ریخت زیســت‌شــناختی و ســاختار اندام
موادّ (مصالح) معماری بیونیک	ســـطح ســـاختمان و مصـــالح ساختمانی	تـرکـیـب پـوســـت و بـافـت زیست‌شناختی

درست مانند عناصر ضروری در دسته‌بندی سیستم طبیعی، فناوری‌های بیونیک برای اشکال، ساختارها، مصالح و کارکردها انواع مختلفی از ساختمان بیونیک را تولید می‌کنند (Fratzl P. 2007). در مقایسه سیستم‌های ساختمانی و سیستم‌های زیست‌شناختی، سیستم‌ساختمانی با طراحی ساختمان هایی که قابلیت تطبیق‌پذیری دارند، به دنبال استفاده معقول از منابع و انرژی خارجی، مطالعه تطبیق‌پذیریِ شکلی، فیزیولوژی و رفتار سیستم زیست‌شناختی در رابطه با محیط، بهبود بازدهی در استفاده از منابع و انرژی است. در این مقاله، بر اساس مراجعی که شامل تک‌نگاری‌ها، نظریه‌ها،

مقالات مجلات، مقالات همایش و غیره نیز می‌شود، معماری بیونیک در درون و بیرون از خانه بازبینی می‌شود. در این مقاله، بازده انرژی در ساختمان و معماری سبز واژگان کلیدی در نظر گرفته شده‌اند و مطابق با کارکرد معماری بیونیک، ساختار یا شکل و مصالح‌شان به سه نوع ساختمان بیونیک تقسیم می‌شوند.

۲- کارکرد معماری بیونیک

در تقلید از سیستم‌های زیستی، مطلوب‌ترین رویکرد انتقال جوانب کارکردیِ طراحی است که از این فرضیه ناشی می‌شود که همه ساختارها و ساختمان‌های طبیعی موجود علّت کارکردی دارند و این کارکرد در انجام مقایسات مناسب امر بسیار مهمّی است (Zhang Y, Mo J, Cheng R. 2015). کارکرد معماری اغلب پیچیده است و در طبیعت، بافت‌های آلی زیست‌شناختی نمونه‌های مؤفقی را به نشان می‌دهند. این کار فقط به انطباق المان‌های کارکرد منحصر به فرد مربوط نمی‌شود، بلکه شامل ادغام فرآیند توسعه چندکارکردی نیز می‌شود که در مرحله بالاتر توسعه ویژگی‌های جدیدی را نیز حاصل می‌کند (Glass J, Dainty ARJ, Gibb AGF. 2008). در آینده، ممکن است فضاهای داخلی برای زندگی و کارمان طراحی شوند که مانند جانداران زنده عمل می‌کنند، بویژه با محل تطبیق دارند و می‌توانند همه نیازهای آب و انرژی‌مان را از محیط پیرامون تأمین کنند (Zari Maibritt Pedersen. 2014). امروزه، کارکرد معماری مدرن بیش از این است که صرفاً فضای زندگی را فراهم کند و از کارکرد و ساختار ساختمان انتظار بیشتری می‌رود، بنابراین، در فرآیند طراحی، تقاضاهای بیشتری را بر دوش معماران می‌گذارد. کارکرد بیونیک معماری با الهام گرفتن معماران از جانداران طبیعی گوناگون و احیای معماری راهی را برای حل این مسائل پیش پا قرار می‌دهد به نحوی که ساختمان می‌تواند از نور آفتاب و دیگر منابع طبیعی استفاده بهتری بکند.

بیونیک معماری که از انرژی خورشیدی به عنوان ابزاری برای تنظیم استفاده می‌کند، ویژگی‌های زیست‌شناختی زیادی در ساختمان‌ها دارد که باعث می‌شود ساختمان از انرژی خورشیدی به شکل کاملاً آلی استفاده کند و به جزء آلیِ اکوسیستم تبدیل شود. توسعه و استفاده معقول از منابع انرژی خورشیدی بخش مهمّی از توسعه بازدهی انرژی در ساختمان و ساختمان سبز است که عمدتاً شامل دو جنبه می‌شود: یکی از آنها خانه آفتابی غیرفعال است که مطابق با جهت و محیط اطراف ساختمان آرایش معقولی را ایجاد می‌کند که می‌تواند به طرز کارآمدی از مصالح استفاده کند و انرژی گرمایی و نور را از آفتابی که بر ساختمان می‌تابد، بگیرد. دیگری ساختمانی است که انرژی خورشیدی را فعالانه به دست می‌آورد و با نصب تعداد زیادی از تجهیزات جمع‌آوری انرژی خورشیدی، فن‌ها، پمپ‌ها و لوله‌ها روی ساختمان گرما را می‌گیرد و آن را در سیستم خورشیدی ذخیره می‌کند تا امکان گرمایش و سرمایش ساختمان را فراهم کند. برای نمونه، مجتمع ساختمانی فتوولتایی خورشیدی فناوری است که از سطح بیرونی ساختمان همزمان برای تولید گرما و الکتریسیته از انرژی خورشیدی

استفاده می‌کند، بنابراین، با قرار دادن آرایه‌های فتوولتایی در سطح بیرونی ساختمان یا جایگزینی پوشش بیرونی و استفاده از سرمایش آبی یا هوایی در پشت واحد و استفاده کامل از گرمایی که با سیّال (هوا یا آب) گرفته می‌شود، می‌تواند بازده استفاده جامع از انرژی خورشیدی را افزایش دهد. استفاده از انرژی خورشیدی عمدتاً شامل روشنایی نوری و تابش گرمایی می‌شود. به منظور حفظ کارکرد بدن، جانداران باید از منابع طبیعی خارجی استفاده بهینه کنند، استفاده از نور خوشید بخش بزرگی از این فرآیند است.

شکل ۱. موارد استفاده بیونیک از انرژی خورشیدی: الف) هلیوتروپ در فرایبورگ و ب) اربن کاکتوس در آمستردام؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

Fig. 1. The uses of solar energy: a) heliotrope in Freiburg and B) cactus, Amsterdam; the authors.

جدول ۲. مقایسه سیستم ساختمانی و سیستم زیست‌شناختی درباره انرژی خورشیدی؛ ماخذ: نگارندگان.

Table 2. The comparison of the building system and the biological system about solar energy; our sources.

استفاده از انرژی خورشیدی	سیستم ساختمانی	سیستم زیست‌شناختی
تطبیق رفتاری	کل رفتار ساختمان، جابجایی و غیره	فعالیت زیست‌شناختی آرایش برگ‌ها
تطبیق شکلی	تغییر خواص نوری در شیشه پنجره، تنظیم پنجره و مؤلفه‌های سایبان	بافت زیست‌شناختی موضعی فتوولتایی، تغییر شکل، تنظیم نور در اندام
تطبیق فیزیولوژیکی	المان حساس به نور، کنترل مصنوعی/خودکار روشنایی	گیرنده‌های نور، سازوکار خودپایداری درونی
عوامل تأثیرگذار	میزان روشنایی نور طبیعی	شدّت روشنایی
استفاده از انرژی	مصرف انرژی روشنایی در ساختمان، فتوولتای خورشیدی	مصرف انرژی در بدن، فتوسنتز

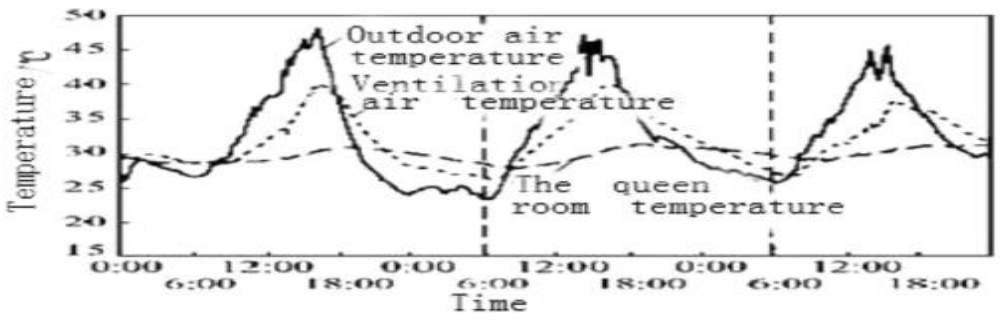
در حال حاضر، فناوری تهویه طبیعی، به عنوان روشی غیرفعال برای تهویه ساختمان‌های تجاری، بیش از چند دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است و به ارزیابی هدفِ این قبیل سیستم‌ها نیاز

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

داریم. برای طراحی حفظ انرژی غیرفعال در معماری، فناوری تهویه طبیعی همیشه مسأله بسیار مهمّی بوده است که طراحان نگران زیادی درباره آن دارند. مدل‌های طبیعی مانند لانه موریانه و دیگر سیستم‌های تهویه غیرفعال در طبیعت فناوری‌های ساختمانی جدیدی را الهام بخشیده‌اند، گرچه این پدیده‌ها ممکن است هنوز به طور کامل شناخته نشده باشند. لانه موریانه موسوم به بزرگترین معماری در جهان که در بزرگراه‌های آفریقا و استرالیا ساخته می‌شود، طرح اولیه بسیار خوبی را در اختیار طراحان قرار داده است. برحسب تناسبات انسانی، این تپه‌های بند ۸-۳ میلیمتری به صورت آسمانخراش‌های ۱،۵۰۰ متری در می‌آیند، تقریباً دو برابر ارتفاع برج خلیفه در دبی که در حال حاضر با ۸۲۸ متر ارتفاع بلندترین ساختمان جهان است. علاوه بر این، این تپه‌ها (لانه‌ها) با آب دهان موریانه و خاک ساخته شده‌اند و ماده‌ای ساخته شده است که حتی از جاده‌های آسفالته نیز محکم‌تر است.

شکل ۲. تعدادی تپه موریانه و ساختار درونی آنها الف) طرح اولیه لانه موریانه؛ ب) جریان هوای تهویه؛ ب) سمت چپ: تصوّر می‌شود که جریان ترموزیفون در لانه‌های دارای هواکش بسته اتفاق می‌افتد؛ ت) راست: تصوّر بر این است که جریان القایی در لانه‌های دارای هواکش باز اتفاق می‌افتد؛ ماخذ: Zari MP 2019

Fig. 2. The number of termite and the inner structure of the is the primary design of the termite ; b) the left side: it is thought that the current flowing through the air - vent nests is thought to occur; source: Zari MP 2019



شکل ۳. اختلاف دما در لانه (تپه) موریانه؛ ماخذ: Zari MP 2019

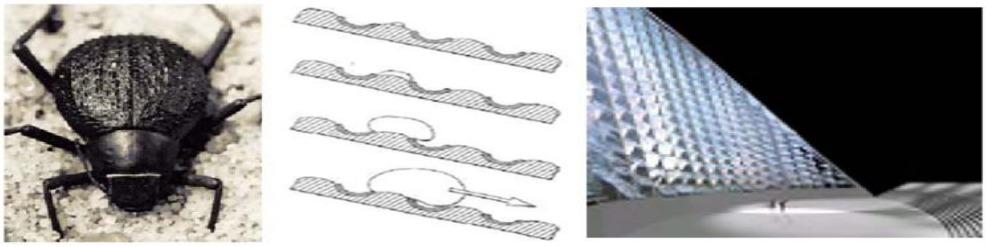
Fig. 3. Temperatures in termite (hill)); source: Zari MP 2019

اختلاف دمای بسیار زیاد بین شب و روز موریانه‌ها را مجبور می‌کند تا با حفظ گرما و هوای تازه خودشان را با سرمای ناگهانی تطبیق دهند. در روزهای تابستان، موریانه‌ها خاک خیس را از عمق زمین و زیر آب‌های زیرزمینی خارج می‌کنند تا از آن به عنوان منبع سرمایش استفاده کنند. همزمان، هوای تازه نیز از طریق بخش پایین لانه وارد می‌شود و در قسمت انتهایی می‌ماند و گِل را خنک می‌کند. پس از جذب گرما در لانه‌ها، هوای خنک شده از طریق فضای مرکزی بالا می‌آید و از بخش بالایی لانه خارج می‌شود و در این حالت لانه مانند هواکش تهویه عمل می‌کند. زمانی که هوا در شب سرد می‌شود و موریانه‌ها باید گرما را حفظ کنند، خاک که ظرفیت خوبی برای ذخیره گرما دارد، می‌تواند گرمای کافی را تأمین کند و موریانه‌ها همه حفره‌ها را در سطح لانه می‌بندند، به‌جز حفره‌هایی که در نزدیکی زمین هستند تا فرآیند تهویه حفظ شود. بدین ترتیب، موریانه با محیط متغیّر تطبیق می‌یابد و تهویه را از طریق باز و بسته کردن مداوم مجاری سطح لانه و زمین کنترل می‌کند. این سیستم تنظیم و ساختار بسیار دقیق تا اندازه زیادی قدرت کنترل موریانه بر بر تهویه درونی را افزایش می‌دهد و تأمین اکسیژن کافی را تضمین می‌کند و گرما و عایق گرمایی فراهم می‌آورد و لانه موریانه را به برج تهویه هوای واقعی تبدیل می‌کند.

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

۳- فناوری بیونیک در روشنایی طبیعی

توانایی تأمین مؤثر روشنایی روز در فضای داخلی با دسترسی محدود به نور نیاز به روشنایی مصنوعی را کاهش می‌دهد. در نتیجه، گرمای کمتری تولید می‌شود و خنک‌سازی کمتری لازم است که در نتیجه می‌تواند اندازه تجهیزات سرمایشی را کاهش دهد. مصرف کل انرژی کاهش می‌یابد و وابستگی به انرژی فسیلی کمتر می‌شود. علاوه بر این، نور طبیعی فواید مهمّی برای انسان دارد و زیباتر است. در طبیعت، مردمک چشم گربه‌ها به تغییر شدّت نور واکنش نشان می‌دهد. هنگام ظهر، با تابش شدید نور آفتاب، مردمک چشم این حیوان به صورت خط عمودی باریک در می‌آید، در حالیکه شب‌ها باز می‌شوند و به صورت گرد در می‌آیند؛ در بقیه اوقات، تخم مرغی شکل هستند. این امر برای توانایی گربه‌ها در بدست آوردن غذا در هنگام شب بسیار مهمّ است. انیستیتو دنیای عرب در پاریس که توسط ژیان نوو طراحی شده است، تجهیزات خاصّی دارد که به طرز موفقیت آمیزی نور و اثر ارتفاع ساختمان را تنظیم می‌کند. این ساختمان که از نظریه تطبیق چشم انسان با شدّت نور ورودی بوسیله انقباض مردمک تقلید می‌کند، می‌تواند مطابق با شدّت نور محیط بیرون تنظیم شود به‌نحوی‌که مصرف انرژی در ساختمان به خوبی کنترل می‌شود و تطبیق‌پذیری آن تا اندازه زیادی افزایش می‌یابد.



شکل ۴. اصل مربوط به جذب آب توسط سوسک تنبریونید از طریق ساختار پشت آن؛ الف) نمونه سوسک ب) مدل ساختاری پ) تئاتر آب لاس پالماس.

Fig. 4. The principle related to water uptake by the beetle through its back structure; a) of cockroach B) is the structural model P) of the Water Theater.

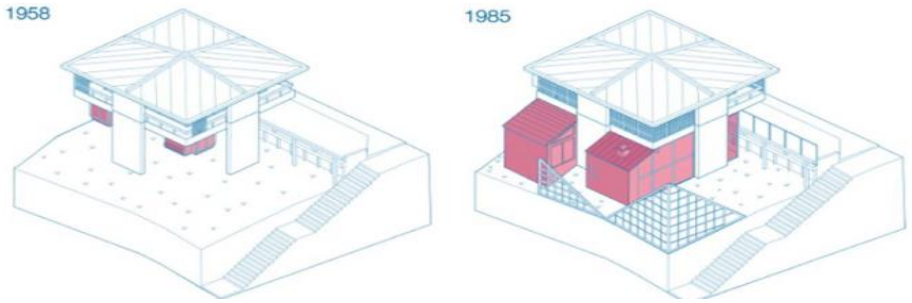
شکل ۵. موارد کاربرد روشنایی طبیعی بیونیک الف) اصل روشنایی با الیاف نوری؛ ب) سیستم‌های روشنایی الیاف نوری آفتابگردانی در ژاپن.

Fig. 5. The use of natural lighting (bionic) is the principle of illumination with light fibers; b) optical fiber optics systems in Japan.

۴- فناوری متابولیسم بیونیک

از دیدگاه سیستم‌های زیست‌شناختی، روش‌های طراحی بیونیک معماری را مانند جاندار زنده در نظر می‌گیرند. آن‌ها با در نظر گرفتن همه عوامل مؤثر بر طراحی معماری، اجزای گوناگون ساختمان را درست مانند جانداران زنده در یک کلّیت ارگانیک ادغام می‌کنند. بدین ترتیب، رابطه بین معماری و محیط مانند رابطه بین جاندار زنده و محیط است که رابطه تطبیقی دو جانبه و سیمبیونیک است؛ بنابراین، حالتی از معماری ایجاد می‌شود که به صورت پیشدستانه با قوانین طبیعت مطابقت دارد. علاوه بر رویکردهای معماری بیونیک که در قسمت قبل ذکر شدند، سیستم گردش خون زیست‌شناختی و مفهوم «متابولیسم» نیز در طراحی معماری کاربرد زیادی دارند. سیستم جابجایی مواد و انرژی در ساختمان‌ها تک‌بعدی نیست، بلکه سیستم مرکب «حیات هوشمند» است. استفاده از رویکرد گرمایش و سرمایش مربوط به سیستم گردش خون زیستی در مهندسی معماری را می‌توان تهویه هوای زیست‌شناختی نامید. در ساختمان مرکز پشتیبانی از تجارت در دویسبورگ آلمان، پانل‌های فتوولتایی روی سقف‌های شیبدار و خمیده انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند و درنتیجه، جمع‌کننده‌های خورشیدی بوسیله فرآیند ته‌نشینی گرم می‌شوند و سپس خنک کننده جذب وارد عمل می‌شود. سپس، شبکه لوله‌کشی روی صفحه مشبّک فلزی رسانا قرار داده می‌شود

که از پوسته این لوله آویزان است و آب خنک‌کننده از این لوله عبور می‌کند و در نتیجه هوای داخل خنک می‌شود و هوای تازه از طریق مجاری کف اتاق وارد می‌شود و در نزدیکی زمین یک ناحیه پر از هوای تازه تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب، آسایش محیط درون ساختمان تضمین و در عین حال استفاده از منابع نیز بهینه می‌شود.



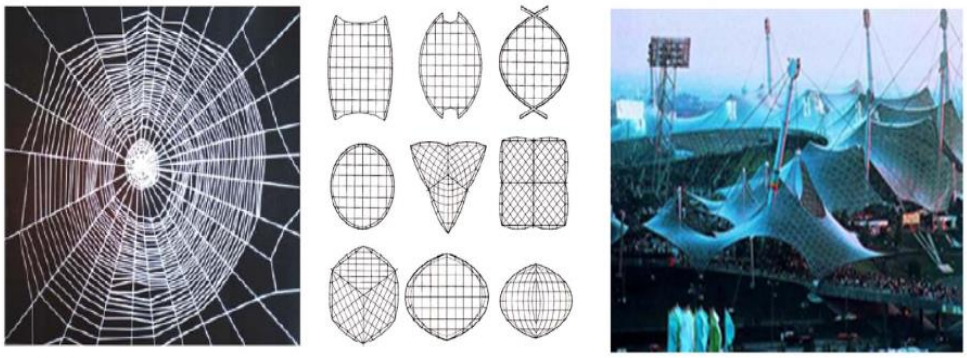
شکل ۶. ساختمان اسکای هاوس که کیمونو کیکوتاکه طراحی کرده است: الف) اسکای هاوس در سال ۱۹۵۸، ب) اسکای هاوس در سال ۱۹۸۵؛ ماخذ: Sherman BD, 2014

Fig. 6. The Sky House building, which has been designed in kikotake, 1958, Sky House in 1958, b) Sky House in 1985

جدول ۳. تحلیل نمونه‌های بیونیک سازه ساختمانی؛ ماخذ: نگارندگان.

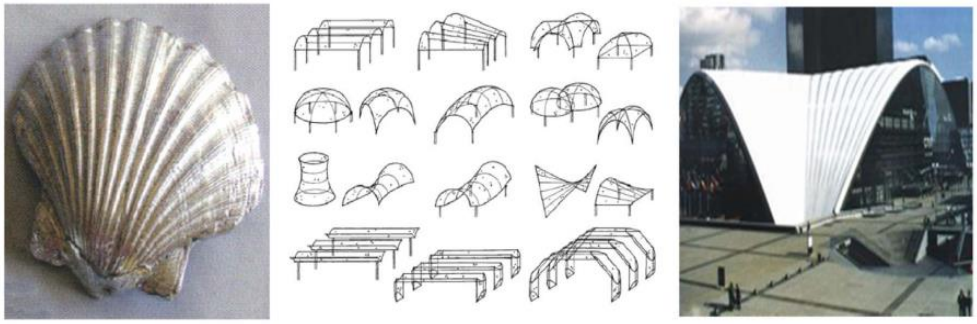
Table 3. Analysis of bionic specimens of construction structures.

نمونه زیست‌شناختی	مدل ساختار	حالت مهندسی
بامبو	ساختار لوله‌ای	برج ویلیس
خوشه گندم	ساختار معلّق	ساختمان دفتر BMW در مونیخ
آوندهای برگ سدر	قطعه چند دنده‌ای	کارخانه گات وول رم در ایتالیا
تار عنکبوت	ساختار کابل آویزان	استادیوم کارگران در شهر پکن
لانه پرندگان	ساختار خرپاهای فولادی بالای در	استادیوم بزرگ بازی‌های المپیک پکن
استخوان‌بندی حیوانات	ساختار تا شونده	موزه هنر میلووکی
حباب صابون	ساختار غشای قابل تورم	فوجی در نمایشگاه جهانی اوزاکا، ۱۹۷۰
پوسته تخم	ساختار پوسته نازک	مرکز فنون و صنایع ملّی فرانسه
شانه زنبوری	شبکه کروی جمع شونده	غرفه ایالت متحده آمریکا در نمایشگاه بین المللی مونترال، ۱۹۶۷
آفتابگردان	ساختار شبکه بتن تقویت شده	پالاتزئو دولسپوری در رم، ۱۹۵۷



شکل ۷. تار عنکبوت و استادیوم المپیک مونیخ الف) نمونه زیستی؛ ب) مدل ساختار؛ ج) کاربرد؛ ماخذ: Ji J, Luo C, SunW, et al. 2009

Fig. 7. The spider web and the Munich Olympic Stadium (A) is a biological example; b) application model; c) function.



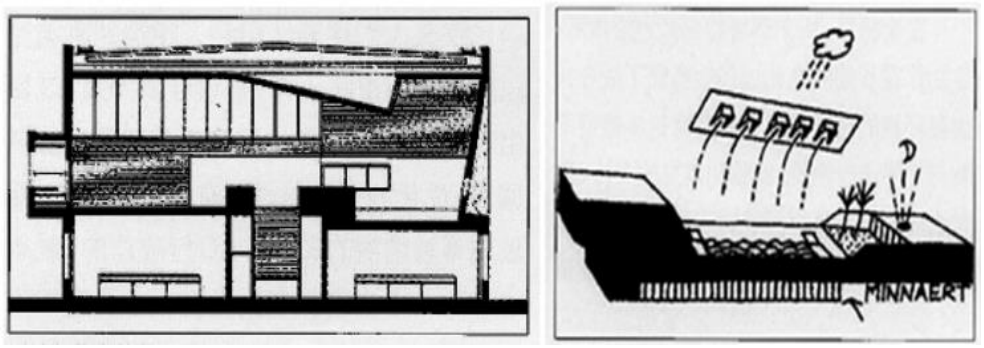
شکل ۸. سالن نمایشگاه مرکز ملّی فناوری و صنعت پاریس الف) نمونه زیستی؛ ب) مدل ساختاری؛ پ) کاربرد؛ ماخذ: Ji J, Luo C, SunW, et al. 2009

Fig. 8. Exhibition hall of the Paris National Center of Technology and Technology (A) is a biological example; b) application model; c) function.

شکل ۹. مکعب آبی: مرکز شنا در بازی‌های المپیک پکن ۲۰۰۸

Fig. 9. Water - cube: swimming center at the 2008 Beijing Olympics.

استفاده از هوا به جای تیرک روش ساخت «از آنجا، نه به آنجا» است که از این پدیده الهام گرفته شده است که بوسیله آن حباب‌های صابون تحت فشار گاز درونی باز می‌شوند و ظاهر صاف و باز شده‌ای پیدا می‌کند. این ساختار دو کارکرد دارد، تحمّل دیوارها و حفظ دیوارها که فرآیند ساختمان‌سازی را نیز ساده می‌کند. سقف استادیوم گنبدی توکیو که در سال ۱۹۸۸ ساخته شده است.



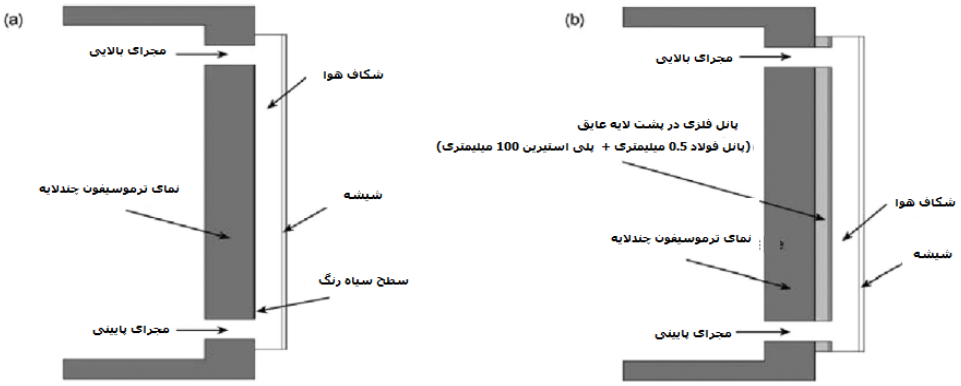
شکل ۱۰. ساختمان مینائرت در هلند الف) پروفایل ب) مفهوم طراحی

Fig. 10. Minaret Building in the Netherlands A) profile, b) The concept of design

شکل ۱۱. ساختار TIW الف) خرس قطبی با پوست سیاه و موی روشن؛ ب) اصول عایق گرمایی TIW

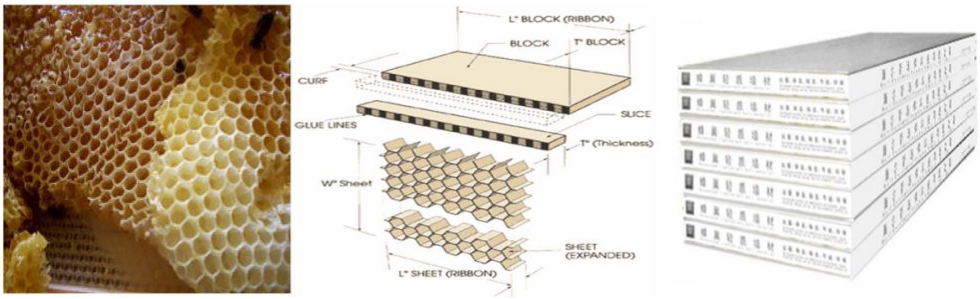
Fig. 11. Structure of TIW (a) Polar bear with black skin and light hair; b) TIW thermal insulation principles.

شکل ۱۲. انواع گوناگون دیوار پرده شیشه دولایه؛ الف) دیوار پرده هوا بیرونی: دارای ورودی هوای در پایین و خروجی هوا در بالای نمای بیرونی. هوا از طریق ورودی از بیرون مکیده می‌شود و از طریق حفره به طرف خروجی بالا می‌رود و به بیرون تخلیه می‌شود. ب) دیوار پرده هوای درونی: دارای خروجی هوا در پایین و ورودی هوا در بالای نمای درونی. هوای بیرون از طریق خروجی هوا به حفره مکیده می‌شود و به سمت ورودی هوای بالای می‌رود و سپس وارد اتاق می‌شود. پ) نوع منبع هوای بیرونی: در بخش پایین نمای بیرونی یک دریچه ورودی هوا و در بالای نمای درونی نیز ورودی هوا دارد. هوا از ورودی قسمت پایین نمای بیرون وارد حفره می‌شود و سپس به قسمت بالای نمای درونی می‌رود و وارد اتاق می‌شود. ت) نوع تخلیه هوای درونی: در پایین نمای بیرونی یک دریچه خروجی و پایین نمای درونی یک دریچه ورودی هوا دارد. هوا از خروجی هوا در پایین نمای درونی وارد حفره می‌شود و سپس از طریق خروجی هوا در بالای نمای بیرونی خارج می‌شود. ث) نوع میانگیر: در حفره دیوار پرده شیشه دوگانه هیچ جریان هوایی وجود ندارد و حفره به عنوان ناحیه میانگیر استفاده می‌شود؛ ماخذ: Dai Z, Yang Z, XiongW. 2019



شکل ۱۳. دیاگرام شماتیک سیستم‌های دیوار ترومب الف) دیوار ترومب کلاسیک ب) دیوار ترومب بهبود یافته

Fig. 13. Schematic diagram of wall (b) wall TROMB wall ii) TROMB wall improved.



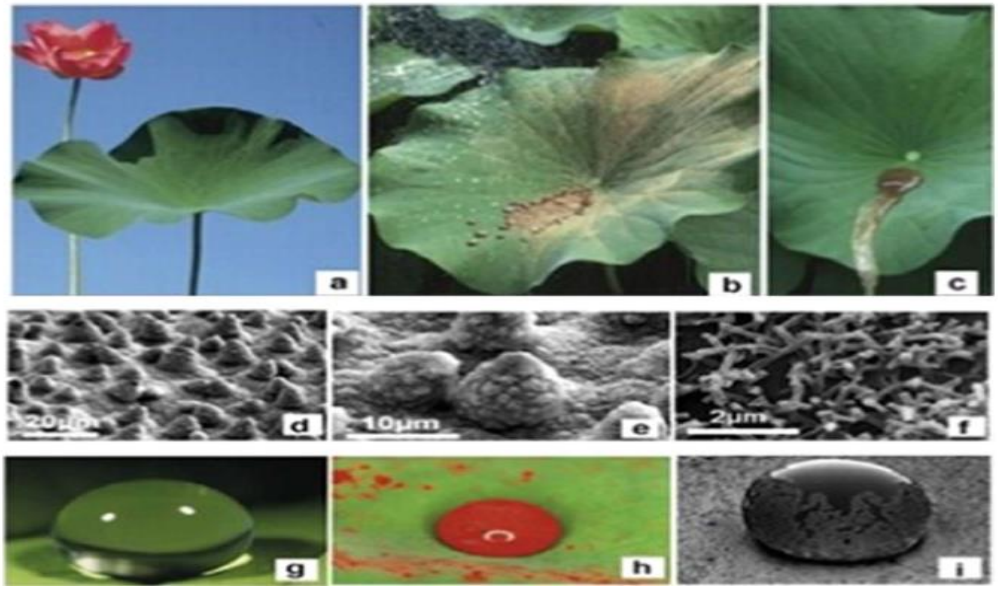
شکل ۱۴. ساختارهای شانه زنبوری و کاربرد آن؛ الف) نمونه زیستی ب) مدل ساختاری پ) تخته کاغذ لانه زنبوری.

Fig. 14. The structure of the honeycomb and its application; a) A biological example b) of the honeycomb - based paper model.

۵- مصالح خودتمیزشونده و بازدهی انرژی

سطوح خودپاک‌ساز و سطوحی که پاکسازی آن‌ها آسان است، در صنعت شیشه و به عنوان لایه پوششی برای مصالح و محصولات ساختمانی کاربرد دارند. سایر کارکردهای پوشش سطح نانوفناوری موجود شامل موارد زیر می‌شود: ضد بازتاب، شفافیت قابل تعویض و تاریک‌سازی در شیشه فتوکرومیک، ضد اثر انگشت، ضد آتش‌سوزی، ضد باکتری، ضد خراش، تمیزکاری با هوا و میکروکپسول‌ها برای معطرسازی. دیوارهای بیرونی ساختمان که تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار دارند، به ناچار آلوده می‌شوند و نگهداری دائمی هزینه زیادی دارد. بنابراین، تحقیقاتی برای مواد پوششی که بتواند دیوار بیرونی را خشک و تمیز نگه دارد، انجام شده است. در گیاهان، این پدیده خودپاکسازی در موار زیادی به «اثر برگ سدر» معروف است. سطح زبر آبگریز از ورود آب به برگ این درخت جلوگیری می‌کند و فقط قطرات آب روی برگ تشکیل می‌شوند، در نتیجه ضد آب است زیرا ناحیه تماس بین آب و سطح برگ فقط ۲ تا ۳ ٪ است. در مقایسه با سطح زبر برگ، به قطرات آب بهتر خواهند چسبند و سپس، با قطرات آب پایین می‌ریزند و برگ تمیز می‌شود. در شکل قسمت بالا، الف) گل درخت سدر را نشان می‌دهد؛ ب) برگ درخت سدر را نشان می‌دهد که با خاک آلوده

شده است؛ و پ) پاکسازی ذرات چسبیده به برگ را با آب نشان می‌دهد. میکروگراف‌های SEM (ت–ج) سطح برگ سدر را با بزرگنمایی‌های مختلف نشان می‌دهد: ت) پرزهای سلول را نشان می‌دهد که به طور تصادفی توزیع شده‌اند؛ ث) جزئیات پرزهای یک سلول را نشان می‌دهد؛ ج) لوله‌های کوچک موم اپی کوتیکولی را روی سلول‌ها نشان می‌دهد؛ ج) قطره کروی آب را روی برگ بسیار آبگریز نشان می‌دهد؛ چ) ذرات چربی‌دوست را نشان می‌دهد که به سطح قطره آب چسبیده و روی برگ درخت سدر می‌غلتند. در نهایت، در (۱) میکروگراف SEM قطره رطوبت‌پذیری اندک را در سطح برگ بسیار آبگریز و دارای ساختار ریز را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵. سطح بسیار آبگریز و خودپاکسازِ برگ سدر؛ ماخذ: نگارندگان.

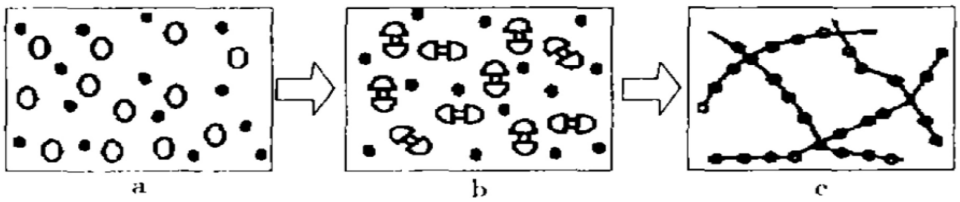
Fig. 15. The very hydrophobic surface of the SEDR leaf.

۶- مصالح خودبهبود و بازدهی انرژی

خودبهبودی، خودتعمیری و تأمین انرژی خودکار کارکردهایی هستند که به ساختار نانوی فراتر از روکش سطحی نیاز دارند. بهبود و تعمیر خود- تنظیمیِ المان‌ها در مواردی که نارسایی موضعی منجر به خرابی کل سیستم می‌شود، مانند هواپیماها، فناوری فضایی یا ساختارهای پنوماتیکی، که برای حفظ انسجام ساختاری به فشار هوا تکیه دارند، جذابیت خاصّی دارد. محققان دانشگاه ایلینویز با الهام از سیستم‌های زیستی که در آن‌ها آسیب سبب ارائه پاسخ بهبود خودکار می‌شود، مواد ترکیبی را ساخته‌اند که هنگام ترک خوردن یا شکستن می‌تواند خودش را بهبود دهد. وقتی که مواد پلیمری معمولی ترک می‌خورند، انسجام ساختاری تا اندازه زیادی به خطر می‌افتد. اغلب این ترک‌ها در عمق ساختار تشکیل می‌شوند که آشکارسازی آنها دشوار و تعمیر آن تقریباً غیرممکن است. در موادّ جدید، فرآیند تعمیر به محض ایجاد ترک آغاز می‌شود (Zhao L, Ma J,Wang T, et al. 2010).

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

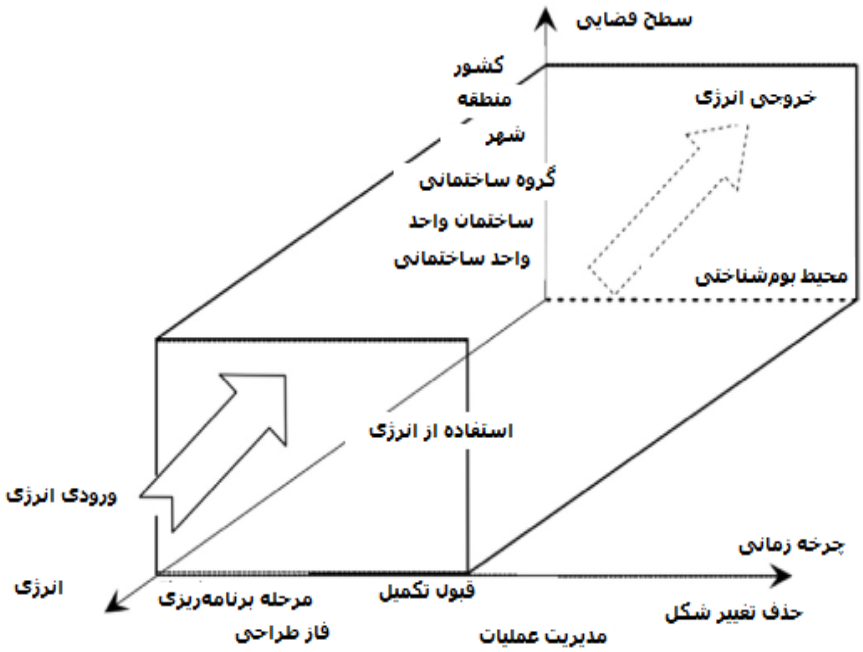
وقتی که این موادّ ترک بر می‌دارند، میکروکپسول‌ها شکسته می‌شوند و از طریق عمل مویرگی، عامل گرم کننده‌ای را در ناحیه آسیب دیده رها می‌کنند.



شکل ۱۶. فرآیند تشکیل بتن خودبهبود بیونیک؛ ماخذ: Gruber P. 2011

Fig. 16. The process of forming the concrete reinforced concrete.

پر کردن ترک‌های بسیار زیر آثار مضرّ تخریب را که که با کمک محیط انجام می‌شود، مانند متورم‌سازی با رطوبت و ترک‌های خوردگی، کاهش می‌دهند. این فناوری می‌تواند طول عمر اجزای ساختاری را احتمالاً دو یا سه برابر افزایش دهد. توانایی خودتعمیری و بازیابی انسجام ساختاری نیز می‌تواند طول عمر تخته مدارهای کامپوزیت پلیمری را افزایش دهد که در آنها ترک‌های ریز می‌توانند نارسایی الکتریکی و مکانیکی ایجاد کنند. بتن خودبهبود بیونیک ترکیبی از موادّ بتنی با کپسول توخالی با چسب یا الیاف شیشه است، این بتن سیال سیمانی تولید می‌کند و پس از ترک خورد بتن به طور خودکار وارد در ترک‌ها نفوذ می‌کند، ترک بار دیگر اصلاح می‌شود و عملکرد بتن بهبود می‌یابد.



شکل ۱۷. تصوّر شماتیکی درباره بازدهی انرژی در ساختمان بیونیک؛ ماخذ: نگارندگان.

Fig. 17. The shape of energy efficiency in the BIONIC Building.

۷- نتیجه‌گیری و جمعبندی

در معماری بیونیک باید ادغام و بهینه‌سازی فناوری‌های سبز بیونیک تقویت شوند، بازدهی انرژی در ساختمان‌های بیونیک در سرتاسر چرخه عمرشان مدیریت شود، بر اساس اصل تناسب منطقه‌ای، فناوری‌های بیونیک برای کارکردهای ساختمان ابداع شوند، بر اساس اصل همزیستی بوم‌شناختی سبز، از نوآوری در فناوری‌های بیونیک حمایت شود و توسعه و تحقیق و استفاده از مصالح ساختمانی بیونیک خودتنظیم، خودتعمیر، خودپاکساز و خودمحافظ تقویت شود. به طور خلاصه، توسعه معماری سبز بیونیک و بازدهی انرژی در ساختمان‌های بیونیک باید از قوانین طبیعت پیروی کند و به آنها احترام بگذارد. لازم است که مطالبی را از سازوکارها در علوم زیستی فرابگیریم که باید برای حمایت از نوآوری در ساختمان‌سازی و دستیابی به انسجام ارگانیک ساختمان‌ها، انسان‌ها و محیط‌زیست با فناوری‌های ساختمانی ترکیب شوند. براساس فعالیت‌های ابتکاری برای تطبیق با اقلیم و محیط زیست طبیعی، ساختمان‌های بیونیک همزیستی سازگاری با طبیعت دارند، روش‌های استفاده از منابع ساختمانی را در سیستم چرخشی متصل به هم با محیط زیست ادغام می‌کنند، برای بیشینه‌سازی بازده انرژی و منابع، از تهویه و روشنایی طبیعی به طور کامل بهره می‌برند و برای کاهش آلودگی محیط زیست، مصرف انرژی ساختمان را در سرتاسر چرخه عمرش کاهش می‌دهند. بدین ترتیب، خود ساختمان می‌تواند به اکوسیستم سالمی تبدیل شود و از توسعه معماری سبز بیونیک و بازدهی انرژی در ساختمان بیونیک پشتیبانی کند.

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

(*) اعلام عدم تعارض منافع

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

منابع و ماخذ

1. Zhang Y, Mo J, Cheng R. Developing a sustainable indoor air environment: problems, considerations and suggestions (in China). Chin Sci Bull ۲۰۱۵

2. Glass J, Dainty ARJ, Gibb AGF. New build: materials, techniques, skills and innovation. Energy Policy 2008; 36(12):4534–8.

3. Pérez-Lombard L, Ortiz J, Pout C. A review on buildings energy consumption information. Energy Build 2008; 40(3):394–8.

4. Omer AM. Renewable building energy systems and passive human comfort solutions. Renew Sustain Energy Rev 2008;12(6):1562–87.

5. Zari Maibritt Pedersen. Ecosystem services analysis for the design of regenerative built environments. Build Res Inf 2012;40(1):54–64.

6. Gabrijelčič P. Energy and building aesthetics. Slovenian examples of good practice Energy Build 2015;115:36–46.

7. Hu W, Zhang H. Method of bionic arcology design. Archit Tech 2008(11):106–9

8. Dai Z, Yang Z, XiongW. Ideation analyze for architecture creation: ecology bionicsBeijing: China Planning Press; 2006. p. 274.

9. Lu Y. Significance and progress of bionics. J Bionics Eng 2004;1(1):1–3.

10. Lebedew JS. Architektur und bonik. Berlin: Veb Verlag Fur Bauwesen; 1983. p. 7

11. Guo R, Hua J, Hui C. et al. Natural ventilation technology from architectural bionics. In: Proceedings of the 9th international conference on green building and building energy conservation; Beijing in China;1-6; 2013.

12. Reddi S, Jain AK, Yun HB, et al. Biomimetics of stabilized earth construction: challenges and opportunities. Energy Build 2012;55:452–8.

13. Knippers J, Speck T. Design and construction principles in nature and architecture. bioinspiration & Biomimetics 2012;7(1):15002.

14. Fratzl P. Biomimetic materials research: what can we really learn from nature's structural materials?. J R Soc Interface 2007;4(15):637–42.

15. Gruber P. Biomimetics in architecture – architecture of life and buildings. Berlin Heidelberg: Springer; 2011. p. 127–48.

16. Lv C, Yan Q. Types and tendency of bionic building. Art Panor 2007(10):80–1.

17. Vincent JFV, Bogatyreva OA, Bogatyrev NR, et al. Biomimetics: its practice and theory. J R Soc Interface 2006;3(9):471–82.

18. El-Zeiny RMA. Biomimicry as a problem solving methodology in interior architecture. Procedia- Soc Behav Sci 2012;50:502–12.

19. Ehleringer J, Forseth I. Solar tracking by plants. Science 1980;210(4474):1094–8

20. Vullev VI. From biomimesis to bioinspiration: What's the benefit for solar energy conversion applications?. J Phys Chem Lett 2011;2(5):503–8.

21. Mooney HA, Ehleringer JR. The carbon gain benefits of solar tracking in a desertannual. Plant, Cell Environ 1978;1(4):307–11.

22. Speck T, Burgert I. Plant stems: functional design and mechanics. Annu Rev Mater Res 2011;41:169–93.

23. Sun F, Yin B, Li J. Interpretation of bonics and solar energy utilization in architecture. Huazhong Archit 2008;26(3):60–2.

24. Yang Y, Liu Z, Hu B, et al. Bionic composite material simulating the optical spectra of plant leaves. J Bionic Eng 2010;7:S43–S49.

25. Toy M. Tr-Hamzah-And-Yeang architects hitechniaga-tower in kuala-lumpur, Mbf-tower in Penang, and Menara-umno in Pulau-Pinang, Malaysia and China tower, Hainan. China Archit Des 1995(116):66–77.

26. Wang JL. Biomimicry·kinetics·sustainability-study on kinetic building envelopes based on biological acclimatization. Tianjin University; 2011.

27. Pearce M. CH2: the aesthetics and physiology of melbourne city council's green office brock. Eco-City Green Build 2012(03):66–73.

28. Chung TY. A study on the integrated sustainable design characteristics of the melbourne city council house 2. J Archit Inst Korea Plan Des 2015;31(4):79–86.

29. Turner JS, Soar RC. Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building? In: Proceedings of the First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (I3CON), Loughborough University; 2008.
30. Mando A, Stroosnijder L, Brussaar L. Effects of termites on infiltration into crusted soil. Geoderma 1996;74(1–2):107–13.
31. [Abensperg MT. Seasonal changes in activity of subterranean termite species (Isoptera) in Western Australian wheat belt habitats. Aust J Ecol 1991;16(3):331–6.
32. Turner JS. Ventilation and thermal constancy of a colony of a southern African termite (Odontotermes transvaalensis: Macrotermitinae). J Arid Environ 1994;28(3):231–48.
33. John RJ, Berhan , et al. The challenge of biomimetic design for carbon-neutral buildings using termite engineering. Insect Sci 2010;17(2):154–62.
34. Zhao J, Xu Y. Ecological Wisdom inspired from termite Mounds—analysis on Biomimetric design of Zimbabwe Eastgate center. Build Sci 2010;26(2):19–23.
35. Jacklyn PM. "Magnetic" termite mound surfaces are oriented to suit wind and shade conditions. Oecologia 1992;91(3):385–95.
36. Lv D. High-rise building bioclimate - Ken Yeang's design theory research. New Archit 1999(4):72–5.
37. Yeang K. The skyscraper bioclimatically considered — a design primer. Boston: National Book Network, INC; 1996.
38. Su Y. Applications of passive air cooling technology in buildings: Passive air cooling technology, bionics and application in architecture. Huazhong Archit 2010.
39. Yang H. Application of the cooling system by natural ventilation to building: practice of energy saving technique at the campus building of the primary school attached to Beijing University. Archit J 2008(03):18–22.
40. Callebaut V. (edited byWu H, translated by Xia J). Bionic arch, a sustainable tower. Modern Decoration; (3):72-75; 2012.
41. Seely K. Fog basking by the namib desert beetle onymacris unguicularis. Nature 1976;262:284–5.
42. Lei Z, Michael CB, Fevzi CC, et al. Patterned superhydrophobic surfaces: toward a synthetic mimic of the namib desert beetle. Letters 2006;6(6):1213–7.
43. Lei Z, Michael CB, Fevzi CC, et al. Patterned superhydrophobic surfaces: to synthetic mimic of the namib desert beetle. Letters 2006;6(6):1213–7.
44. Knight W. Beetle fog-catcher inspires engineers. New Sci 2001;13:38.
45. Harat B, Hushan B. Biomimetics: lessons from nature – an overview. Philo R Soc A 2009;367:1445–86.
46. Zheng Y, Bai H, Huang Z, et al. Directional water collection on wetted spid Nature 2010;463(7281):640–3.
47. Zari MP Biomimetic approaches to architectural design for increased sustability. SB07 New Zealand, Paper number: 033.
48. Hickman Cleveland P. Zoology. Beijing: Science Press; 1988. p. 629.
49. Chen P, Mckittrick J, Meyers MA. Biological materials: functional adaptati bioinspired designs. Prog Mater Sci 2012;57(8):1492–704.
50. Wang L. Study on shape generation and spatial characteristics in bionic-st architecture. Chongqing University; 2008.
51. Zhao J, Zhao X, Jiang Z, et al. Biomimetic and bioinspired membranes: preparation and application. Prog Polym Sci 2014;39(9):1668–720 .

52. Li G, Wu Y, Li B. From epidermis to chamber apparatus: interpretation of the
53. ecological strategy of three foreign buildings. Archit J 2004(03):51–3.

54. Yu K, Fan T, Lou S, et al. Biomimetic optical materials: integration of nature's design for manipulation of light. Prog Mater Sci 2013;58(6):825–73.

55. Allen HG. Analysis and design of structural sandwich panels. Oxford: Pergamon Press; 1969.

56. Das S, Bhowmick M, Chattopadhyay SK, et al. Application of biomimicry in textiles. Curr Sci 2015;109(5):893–901.

57. Peter F. Biomimetic materials research: what can we really learn from nature's structural materials?. J R Soc Interface 2007;4(15):637–42.

58. Sadineni SB, Madala S, Boehm RF. Passive building energy savings: a review of building envelope components. Renew Sustain Energy Rev 2011;15(8):3617–31
59. Oral G, Yilmaz Z. Building form for cold climate zones related to building envelope from heating energy conservation point of view. Energy Build 2003;35(4):383–8
60. Davies M. A wall for all seasons. RIBA 1981;88(2):55–7.

61. Ji J, Luo C, SunW, et al. An improved approach for the application of Trombe wal system to building construction with selective thermo-insulation façades. Chin Sc
62. Bull 2009;54(11):1949–56.

63. Zalewski L, Chantant M, Lassue S, et al. Experimental thermal study of a solar wal of composite type. Energy Build 1997;25(1):7–18.

64. Sharma AKSK, Bansal NK, Sodha MS, et al. Vary-therm wall for cooling/heating o buildings in composite climate. Int J Energy Res 1989;13(6):733–9.

65. Zhao L, Ma J,Wang T, et al. Lightweight design of mechanical structures based on structural bionic methodology. J Bionic Eng 2010;7(Suppl):S224–S231.

66. Helms M, Vattam SS, Goel AK. Biologically inspired design: Processs and product.

Des Stud 2009;30(5):606–22.

67. Markus M, Thomas S, Olga S, Thomas S, Heinrich P. Biomimetics and technicaltextiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom. Am J Bot 2006
68. Gebeshuber IC, Aumayr M, Hekele O, et al. Bacilli, green algae, diatoms and red blood cells – how nanobiotechnological research inspires architecture. Bio Inspired Nanomater Nanotechnol (Tentat Title) 2009:148.

چـــــکیده لاتیـــــــــن

بررسی ابعاد بازدهی انرژی در معماری بیونیک؛ موردپژوهی: ساختمان‌های بیونیک

زمان دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۲ زمان پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۲/۸

مرجان کوزه‌ساز[۱]– کارشناس‌ارشد معماری، واحد مهدیشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، مهدیشهر، ایران

سیدمحمدحسین رضوی‌نیا– دکتری معماری، واحد گلبهار، دانشگاه آزاد اسلامی، گلبهار، ایران

علیرضا صادقی– دانشیار گروه شهرسازی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

کوروش مومنی– دانشیار گروه معماری دانشگاه جندی شاپور، اهواز، ایران

مهدی بهرامپور– استادیار گروه شهرسازی، واحد رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، رباط کریم، ایران

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

Surveying the Element of Energy Efficiency in Bionic Architecture; Case Study: bionic Buildings

Abstract

Energy Efficiency in bionic Buildings and Green Architecture bionic are important tools to ensure coordination between buildings and the natural environment, maintaining ecological balance and achieving sustainable development in the construction of buildings. According to a review of bionic technologies for the functions, structures and construction materials, the present study analyzes applications and forms of energy efficiency in the bionic buildings and green architecture of For instance, by exploiting the nature of nature in buildings, based on the ideal natural ventilation system, which exists in the termites " s den, innovations in architecture have been made. In addition, the passive construction technology using solar energy sources can not only improve the quality of the thermal environment within the building, but also reduces energy consumption in the building. Inspired by the mechanical properties, structural relations and the function of natural materials and its use in the structure of the building or its shape design, large structures such as cables and structures with thin shells, resembling spider webs and eggs, are designed. In short, the development of green architecture and energy efficiency in the bionic buildings should follow the laws of nature and respect them. The study of mechanisms used in biological systems is necessary, coupled with new building technologies, to support innovation in building and to develop rapid development in building green buildings and energy efficiency in buildings.

Keyword: bionic Energy Efficiency, Green Architecture.

[۱]نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳۵۶۴۷؛ رایانامه: Marjani123@yahoo.com