Archive of SID

معماری از طبیعت پیروی می‌کند

(زیست الگو رویکردی هوشمندانه برای صرفه جویی انرژی در پوسته‌های ساختمانی)

صبا خردمند*[۱]؛ حسن ستاری ساربانقلی[۲]

[۱] کارشناس ارشد معماری، گروه هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه معماری، تبریز، ایران
[۲] استادیار دانشگاه ازاد اسلامی، واحد تبریز، گروه معماری، تبریز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

چکیده

از سال ۱۹۷۰ تاکنون، یکی از مسائل مهم در سراسر جهان کمبود انرژی در کنار مصرف بالای سوخت بوده است. معماران تلاش می‌کنند تا راهکارهایی را برای مدیریت و مصرف انرژی در ساختمان‌ها پیدا کنند. یکی از روش‌های نوآورانه در این زمینه زیست الگو (بیومیمیکری) است. زیر مجموعه این دانش ایجاد پوسته‌ای است که ارتباط ساختمان‌ها با محیط از طریق آن برقرار می‌شود. مدیریت مناسب پوسته ساختمان می‌تواند تقاضای انرژی در ساختمان را به طور قابل توجهی کاهش دهد. هدف اصلی این مقاله بررسی قابلیت صرفه جویی در مصرف انرژی با به کارگیری روش زیست الگو در طراحی پوسته ساختمان هاست. به منظور تحقق این هدف، روش تحقیق به منظور دستیابی به چهار هدف طرح‌ریزی شده است. اولاً، با استفاده از این روش، تحقیق عمیقی در خصوص زیست الگو، پوسته و زیست الگو در ایجاد پوسته از طریق بررسی منابع علمی موجود در این زمینه انجام شد. ثانیاً، بررسی‌های نمونه‌های موردی بین المللی از نظر استفاده از زیست الگو و همچنین تأثیر آن بر کاهش مصرف انرژی ساختمان ارائه و آنالیز خواهند شد. در نهایت، این بررسی با ارائه رهنمودهایی برای طراحی پوسته ساختمان به منظور مصرف مؤثرتر انرژی در ساختمان‌ها پایان می‌یابد.

کلید واژه‌ها: زیست الگو (بیومیمیکری)، پوسته ساختمان، بهره وری انرژی، معماری، تحقیق

۱- مقدمه

همه‌ی انسان‌ها تا حدّی ارتباطی ذاتی با طبیعت دارند. ایده‌های غریزیِ ما در مورد زیبایی به اشکال موجود در جهان طبیعی مربوط می‌شوند. انسان‌ها کششی غریزی و اولیه به طبیعت دارند زیرا در کلّ زمانی که روی کره‌ی زمین بوده‌اند، ارتباط بسیار نزدیکی با آن داشته‌اند. تمایل به ارتباط با طبیعت هنوز هم وجود دارد و این اشتیاق نقطه‌ی آغازی را برای معماری فراهم می‌کند. زیست‌شناسی مملو از نظم است. تاثیر آن فراتر از علم گسترده شده و در زمینه‌هایی گسترش یافته که به نظر نامربوط می‌آید (مازولنی، ۲۰۱۳: ۲۸).

* نویسنده عهده دار مکاتبات: ar.saba_kheradmand@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

در حال حاضر و در قرن ۲۱ در سراسر جهان، حجم عظیمی از انرژی به دلیل طراحی ناکارآمد ساختمان‌ها تلف می‌شود. این مسئله علاوه بر نصب تجهیزات مورد استفاده در تبدیل انرژی مورد نیاز خدمات می‌باشد. در نتیجه، افزایش دلگرم کننده آگاهی نسبت به حفاظت از انرژی و بازده آن به سرعت در حال رشد است و این موضوع باعث بررسی و تحقیق در خصوص شماری از روش‌ها و راهکارهای طراحی و کاربرد آنها در زمینه غلبه بر مشکلات و مسائل انرژی شده است. یکی از این روش‌ها زیست الگو است که به این صورت تعریف می‌شود: زیست الگو دانش کاربردی که راهکارهای حل مسائل انسانی را از بررسی طرح‌ها، سیستم‌ها و فرایندهای طبیعی الهام می‌گیرد (Benyus: 1998). مقاله زیر به بحث و بررسی اصول زیست الگو به‌عنوان روشی برای ایجاد طرحی پایدار و کارآمد می‌پردازد. هدف این بررسی، ارائه رهنمودهایی برای به کارگیری اصول زیست الگو در ایده‌های طراحی پوسته ساختمان و فرایند مدیریت مؤثر انرژی است.

۱,۱ مسئله تحقیق:

چون بازده انرژی مسئله‌ای مهم در سراسر جهان محسوب می‌شود، باید گام‌های دیگری در ارتباط با ساختمان‌های کارآمد اتخاذ نمود تا مصرف انرژی در ساختمان‌ها کاهش یابد.

۱,۲ فرضیه‌های تحقیق:

رویکرد زیست الگو (بیومیمیکری) می‌توانند رهنمودهایی را برای بهبود بازده انرژی ساختمان‌ها از طریق به کارگیری این اصول در طراحی پوسته ساختمان‌ها ارائه کنند.

۱,۳ هدف تحقیق:

ارائه ماتریس طراحی برای پوسته ساختمان انرژی-کارآمد بر اساس اصول زیست الگو و ارائه پروژه‌ای پیش ساختاری

۱,٤ روش تحقیق:

روش تحقیق به منظور تحقق اهداف تحقیق طرح ریزی شده است. نخست، مروری بر منابع علمی در خصوص زیست الگو، روش‌ها و استفاده از آن در طراحی پوسته ساختمان از طریق بررسی منابع علمی موجود. دوم، بررسی تحلیلی نمونه‌های موردی بین المللی از لحاظ استفاده از زیست الگو و تأثیر آن بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها ارائه و آنالیز خواهند شد. در نهایت، رهنمودهای طراحی پوسته ساختمان به منظور مصرف بهینه و کنترل انرژی در ساختمان ارائه می‌شود.

۲. تاریخچه زیست الگو

تاریخچه روش زیست الگو به ۵۰۰ سال قبل از میلاد باز می‌گردد. در آن زمان، فلاسفه یونان موجودات زنده طبیعی را به عنوان مدل‌هایی برای ایجاد تعادل هماهنگ و تناسب بین بخش‌های مختلف طرحی که به لحاظ زیبایی

www.SID.ir

Archive of SID

مشابه با طرح ایده آل کلاسیک باشد، در نظر می‌گرفتند. بعدها در سال ۱٤۸۲، لئوناردو داوینچی از پرواز پرندگان در اختراع ماشین پرنده به عنوان نمونه اولیه بهره‌گیری از زیست الگو الهام گرفت. این ایده به ساخت اولین نمونه هواپیمای برادران رایت در سال ۱۹٤۸ کمک کرد. در سال ۱۹۵۸، جک استیل[1] عبارت بیونیک[2] را معرفی کرد و آن را به‌عنوان دانش سیستم‌های طبیعی یا نظایر آن‌ها تعریف کرد (Steadman, 2008). با این حال، عبارت زیست الگو اولین بار در سال ۱۹۸۲ مطرح شد. در سال ۱۹۹۷، دانشمند و نویسنده، جانین بنیوس[3]، عبارت یاد شده را در کتاب خود با عنوان «زیست الگو: نوآوری الهام گرفته از طبیعت» بیشتر مورد استفاده قرار داد. در سال ۲۰۰۵، برونی شاوان[4] و جانین بنیوس با همکاری یکدیگر مؤسسه زیست الگو را بنیان گذاشتند. در سال ۲۰۰۷، کریس آلن[5] به بنیوس و شاوان پیوست تا به آنها در راه اندازی کتابخانه «از طبعیت بپرس[6]» که اولین کتابخانه دیجیتالی در جهان به شمار می‌رود، کمک کند. این کتابخانه حاوی فهرستی از راهکارهای طبیعی است. طراحان در این کتابخانه می‌توانند با استفاده از این مجموعه از سیستم‌های طبیعی که مطابق با طرح و مهندسی‌شان دسته بندی می‌شوند، تحقیق و مطالعه کنند.

۳. تعاریف زیست الگو(بایومیمیکری):

واژه بیومیمتیک از ترکیب دو واژه بیولوژی و میمتیک به معنای تقلید به وجود آمده است. محققان زیادی وجود دارند که زیست الگو را تعریف کرده‌اند. به عنوان مثال، بنیوس زیست الگو را به عنوان «اصل جدیدی که به بررسی بهترین ایده‌های طبیعت و آنگاه، الگوبرداری از طرح‌ها و فرایندها به منظور حل مسائل انسانی می‌پردازد»، تعریف کرده است. اما پدرسون زاری[7] خاطر نشان کرده است که یکی از موانع پیش روی معماران عدم وجود تعریفی مشخص از گزینه‌های متعددی است که آن‌ها می‌توانند از این گزینه‌ها در پروژه خود استفاده کنند. به همین دلیل است که آنالیز روش مناسب برای به کارگیری کامل بهترین روش زیست الگو جهت استفاده از مزایای آن حائز اهمیت است(Zari: 2007). از سوی دیگر، گوبر[8] زیست الگو را این گونه تعریف کرده است: «بررسی زمینه‌های مشترک زندگی موجودات زنده و معماری است که از پتانسیل نوآورانه برای حل مسائل معماری برخوردارند» (Bar-Cohen: 2005).

٤. روش‌ها و سطوح زیست الگو در به کارگیری آن در طراحی

زیست الگو، یک زمینه تحقیقاتی در حال رشد در معماری، طراحی و مهندسی است چرا که این روش ضمن ارائه راهکارهای جدید و الهام بخش امکان پایداری در محیط ساختمان را فراهم می‌کند. محققان دو رویکرد اصلی به فرایند طراحی در زیست الگو معرفی کرده‌اند که رویکرد مبتنی بر مسئله و رویکرد مبتنی بر راهکار می‌باشند.

[1] Jack E. Steele
[2] Bionics
[3] Janine Benyus
[4] Bryony Schwan
[5] Chris Allen
[6] AskNature
[7] Pederson Zari
[8] Guber

www.SID.ir

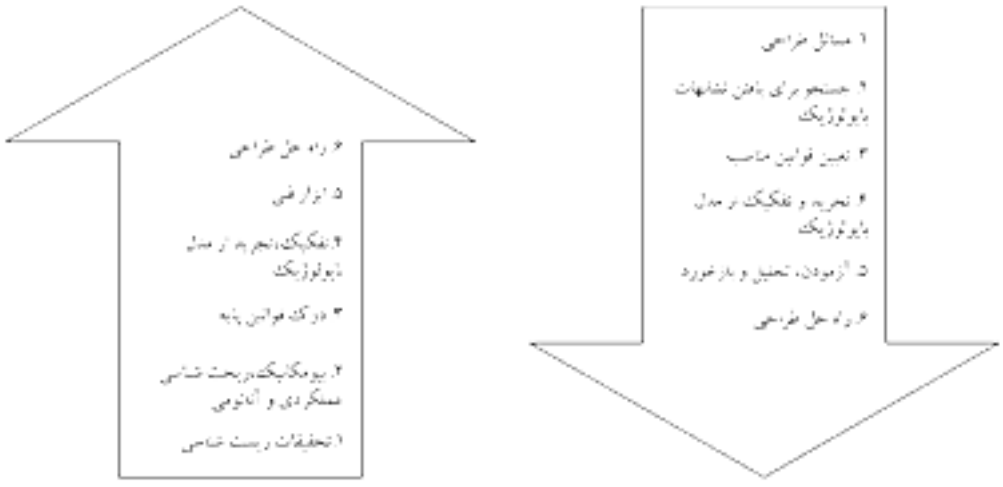
Archive of SID

علاوه بر این دو رویکرد، سه سطح اصلی برای زیست الگو وجود دارد که این سطوح شامل سطح ارگانیسم، سطح رفتار و سطح اکوسیستم است (Steadman, 2008). سطح اول یعنی ارگانیسم تقلید از ارگانیسم خاص یا تقلید از یک قسمت از کل ارگانیسم را نشان می دهد. سطح دوم، تقلید از رفتار و سطح سوم، تقلید از کل اکوسیستم است که این سطح به عنوان سخت ترین مرحله در نظر گرفته شده است، زیرا بر روی یک مسئله بسیار دشوار برای تقلید و الهام متمرکز می کند. در راستای هر مرحله؛ ۵ بعد که وجود الهام و پیروی را گسترش می‌دهد، وجود دارد که عبارتند از: طرح بایومیمیکری از نظر شباهت (شکل)؛ از چه چیز ساخته شده (مصالح)؛ چگونه ساخته شده (مراحل ساخت)؛ چگونه کار می کند(فرآیند) و توانایی آن چیست (کارکرد). (خردمند، ۱۳۹۶).

جدول ۱-رویکرد های اصلی در زیست الگو

رویکرد	تعاریف
رویکرد مبتنی بر مسئله	این رویکرد اسامی متعددی دارد، مثل طراحی با نگاه به زیست شناسی، 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 زیست شناسان 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: زیست شناسی متأثر کننده 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 راه حل 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 زیست شناسان و دانشمندان وابسته باشد. به عنوان مثال، آنالیز علمی فرایند تمیز شدن سطح گل‌های نیلوفر از آب مرداب منجر به شکل گیری 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, 2007)

منبع بر اساس موارد ذکر شده در جدول از نگارنده، ۱۳۹۶



تصویر شماره۱-مراحل رویکرد های مبتنی بر راهکار (سمت چپ) و رویکرد مبتنی بر مسئله (سمت راست)

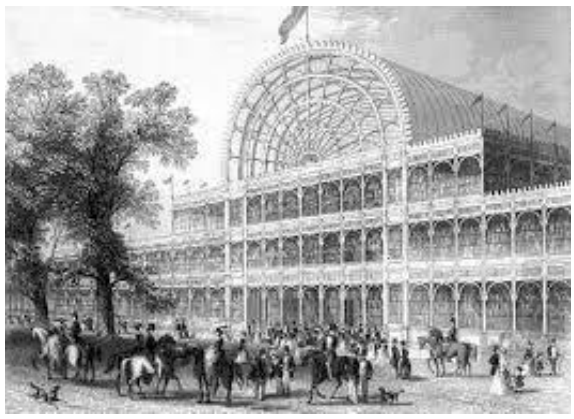
www.SID.ir

Archive of SID

۵. کاربرد زیست الگو در زمینه‌های مختلف و معماری

زیست الگو در زمینه‌های زیادی از حمل و نقل و صنعت خودرو گرفته تا الکترونیک و پوشاک به کار رفته است. با تحقیق و بررسی زیستی موجودات زنده، روش زیست الگو می‌تواند راهکارهای تکنولوژیکی و مؤثر جدیدی را ارائه کند و به پیشرفت در زمینه های متنوع کمک کند (Rankouhi, 2012).

مثال‌های زیادی از به کارگیری روش زیست الگو در معماری وجود دارند. تاریخ یکی از این مثال‌ها به سال ۱۸۵۱ بازمی گردد. در آن زمان، جوزف پاکستون[1] سیستم سازه قصر بلورین را با مشاهده زنبق‌های آبی بزرگ طراحی کرد. وی همچنین در ساخت خانه زنبق[2] در استراسبورگ از زنبق‌های آبی الهام گرفت. در اواسط قرن بیستم، رابرت لی ریکولیس[3]، استاد فرانسوی دانشگاه پنسیلوانیا، نیز با الگوبرداری از مدل‌های ساختاری زیست موجودات زنده که در قرن نوزدهم توسط هکل[4]، زیست شناس آلمانی، رسم شدند، مدل‌های سازه‌ای نوینی را ساخت. در قرن حاضر، بسیاری از طراحان مانند کوربوزیه[5] و فرانک لوید رایت[6] از طبیعت الهام گرفتند. فرانک لوید رایت معماری موجودات زنده را در طرح‌های خود به کار گرفت اما در عین حال، از طبیعت به عنوان عنصری قوی در طرح‌های خود استفاده نکرد. شکل ۲ نشان می‌دهد که چگونه وی از عنصر طبیعی آب در ساخت خانه آبشار استفاده کرد. کل فلسفه او این بود که معماری؛ طبیعت را و طبیعت؛ معماری را می پذیرد. کوربوزیه اثبات کرد که زیست شناسی «واژه‌ای جدید و مهم در معماری و برنامه ریزی» است (Yowell, 2011).



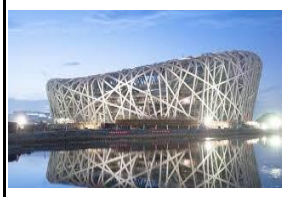
تصویر شماره ۲- کریستال پالاس(سمت راست)، خانه آبشار(سمت چپ)

[1] Joseph Paxton
[2] lily house
[3] Robert Le Ricolais
[4] Haeckel
[5] Corbusier
[6] Frank Lloyd Wright

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲-نمونه هایی از کاربرد بیومیمیکری در معماری

نام بنا	تصویر	الهام از	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 بالشتک پنوماتیک که از ماده ETFE ساخته شده است. این ماده امکان وقوع اثر جباب را فراهم می‌کند.	- حباب‌ها انرژی خورشیدی را که استخر آب را گرم می‌کند، جمع آوری می‌کنند. - امکان تنظیم دما را فراهم می‌کند.	سطح ارگانیسم
ورزشگاه ملی پکن		آشیانه پرندگان	- حاوی پنل هایی از جنس ETFE است که با انباشتن تکه‌های 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 خرید استگیت		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
HOK شهر لاواسا		برگ انجیر	پی ساختمان آب را ذخیره می‌کند. سیستم آب دهی قطره‌ای آب لازم را برای تمیز کردن سطح آن تأمین می‌کند.	پاسخگوی سیلاب‌های فصلی زیرا آب اضافی را جابجا می‌کند.	سطح اکوسیستم

منبع گردآوری شده توسط نگارنده، ۱۳۹۵

٦. پوسته ساختمان ابزاری برای مدیریت انرژی

محققان زیادی وجود دارند که پوسته ساختمان را تعریف کرده‌اند. به‌عنوان مثال، بر اساس تعریف رانکوهی[1]، پوسته ساختمان عبارت است از «مرزی که ساختمان از طریق آن با محیط ارتباط برقرار می‌کند.» این سطح، لایه‌ها و فیلترهایی را تشکل می‌دهد که به نور، هوا، رطوبت، صدا و حرارت واکنش نشان می‌دهد. «رایج‌ترین ویژگی این سطح قابلیت ایجاد شرایط بهینه در داخل ساختمان است که به کارکردهایی که آنها دارند، پاسخ می‌دهند.» در حالی

[1] Rankouhi

www.SID.ir

Archive of SID

که هوون[1] پوشش ساختمان را به عنوان پوسته، سازه یا حصار تعریف می‌کند، این پوشش مرزی بین محیط داخل و خارج ساختمان است. از سوی دیگر، کیی ران[2] پوسته ساختمان را این گونه تعریف کرده است: «بیشترین تبادل انرژی و ماده در پوسته صورت می‌گیرد». این تعریف، تصوری از ماهیت ساختمان به دست می‌دهد. پوسته ساختمان متشکل از نمای بیرونی و سقف می‌باشد. این سطح شامل دیوارهای خارجی، پشت بام، کف ساختمان، سقف‌ها، پنجره‌ها و درهاست.

۷. زیست الگو و پوسته ساختمان

طراحی الهام گرفته از طبیعت گذری به سوی احیا، تجدید و بازسازیِ محیط‌های موجود است. این امر به نوبه‌ی خود فرصتی را برای طراحانِ سازه‌های جدید و قدیمی فراهم می‌کند تا توجه شان را از توسعه ی ساختمان ها به صورت ایزوله برداشته و آن‌ها را به عنوان جزئی از شبکه‌ی سیستم‌ها بدانند که با چندین عامل در پیچیده شده اند و محیط را به عنوان یک واحد کامل ایجاد کرده اند. به منظور توانایی در تعیین موارد مشابه پوسته ساختمان و زیست الگو، آنالیز مشترکاتِ هر یک از آنها امری مهم است. این کار شامل ارزیابی موارد؛ تشابه اصلی و عوامل محرکه‌ای است که بر طبیعت و فرایند طراحی معماری اثر می‌گذارند. (مازولنی، ۲۰۱۳: ۳۸) پوسته ساختمان غشای نازکی است که اسکلت (سازه) ساختمان را می‌پوشاند، اجزاء (مکانیکی، لوله کشی و برقی) ساختمان را کنترل می‌کند و فضای خارجی ساختمان را مشخص می‌کند. پوسته ساختمان مشابه پوست طبیعی است که متشکل از لایه‌ها و فیلترهای مختلفی است که در برابر نور، هوا، رطوبت، صدا و حرارت واکنش نشان می‌دهد. ویژگی غالب در میان پوست‌های طبیعی، قابلیت آن در حفظ شرایط داخلی و در عین حال، حساسیت آن نسبت به کارکردش می‌باشد. پوسته ساختمان مشابه با پوست طبیعی موجودات زنده مرز بین محیط کنترل شده و کنترل نشده است. این حالت ناشی از الگوی نتایج هر دو نیروی داخلی و خارجی است. این دو نیرو در فرایند اجازه ورود و خروج به موارد مجاز به عنوان عامل پالایش عمل می‌کنند.(Yowell, 2011)

۸. بررسی تحلیلی نمونه های موردی

در این بخش از مقاله، بررسی تحلیلی سه نمونه بین‌المللی که در آنها از روش‌های زیست الگو در پوسته ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی با تمرکز بر تکنیک‌ها و استراتژی‌های مورد استفاده به کار رفته است، ارائه خواهد شد. این کار با هدف دستیابی به ماتریس طرح زیست الگو انجام می‌شود. این ماتریس چکیده‌ای از مشخصات موجودات زنده طبیعی مختلف را به منظور دستیابی به اهداف مورد نیاز ارائه می‌کند.

۸,۱ ساختمان شورای شهر ۲، ملبورن (CH2)[3]

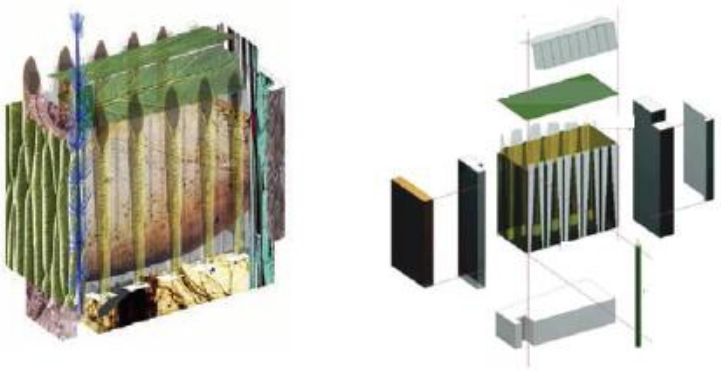
ساختمان (CH2)، یک ساختمان ده طبقه پایدار است که در حال حاضر در شهر ملبورن استرالیا واقع است. این

[1] Hoeven
[2] Kieran
[3] The Council House 2, Melbourne CH2

www.SID.ir

Archive of SID

ساختمان در سال‌های ۲۰۰٤-۲۰۰٦ ساخته شده است. ساختمان یاد شده توسط دولت محلی ملبورن و با همکاری شرکت (Mick Pearce in design Inc) طراحی شده است. طرح این ساختمان بسیار خلاقانه بوده است زیرا این طرح رویکردهای سنتی مربوط به پایداری و طراحی ساختمان را به چالش کشیده است و در طراحی آن از پارک جنگلی الگو برداری شده است. روش بیومیمیک مورد استفاده، طراحی بر اساس زیست موجودات زنده بود. رتبه زیست محیطی برای این ساختمان ٦ است. ساختمان CH2 نمادی از هنر و علم است. به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر در این ساختمان، این بنا برای پیوند ساختمان به محیط خارجی و موجودات زنده پیرامون آن طراحی شده است. در نتیجه، این ساختمان در کل به محیط خود واکنش نشان می‌دهد. استفاده از زیست الگو در کل این ساختمان مشهود است. به عنوان مثال، نمای بیرونی غربی این ساختمان لایه نازکی از درخت است. این طرح از این موضوع الهام گرفته است که چگونه نمای بیرونی ساختمان آب و هوای خارج از ساختمان را تعدیل می‌کند. این در حالی است که طرح نماهای بیرونی شمالی و جنوبی ساختمان از نایچه‌های درخت الهام گرفته شده است. این نایچه‌ها به صورت لوله‌های باد اجرا شدند و امکان جریان هوا بر روی سطح خارجی ساختمان شورای شهر ملبورن را که در تصویر (۳-الف) نشان داده شده است، فراهم می‌کنند. هسته شرقی و نمای بیرونی که متشکل از هسته تجهیزات تأسیسات و آبریزگاه‌ها می‌باشند، از پوست درخت الگوبرداری شده‌اند. این پوسته مانند لایه‌ای محافظ عمل می‌کند که نور و هوا را در فضاهای تهویه شده ناحیه مرطوب پشت ساختمان تصفیه می‌کند. در نهایت، لایه‌های هم پوشان نمای بیرونی به منظور نصب بادگیرها از فلز سوراخ شده با دیوار پلی کربنات ساخته می‌شوند (Webb, 2005) (تصویر ۳-ب)



تصویر ۳- الف(سمت راست) لایه‌های هم پوشان نمای بیرونی- ب(سمت چپ) لوله های باد در نمای شمالی

از آنجایی که فرایند طراحی منجر به ایجاد شکاف بین راهکارهای سنتی صنایع شده است، ارزشمند است. حتی با وجود این که ممکن است ساختمان‌های آینده شبیه ساختمان شورای شهر ملبورن (CH2) نباشند اما این ساختمان نماد نوع زنده‌ای از معماری است. در نتیجه، ساختمان‌های آینده باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- ارتباط با محیط
- بیانگر آب و هوا و فرهنگ
- نماهای بیرونی باید بیانگر تعیین موقعیت باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

۸,۲ مکعب آب، پکن[1]

مکعب آب که به مرکز ملی ورزش‌های آبی پکن نیز معروف است، در سال‌های ۲۰۰٤ و ۲۰۰۷ و عمدتاً به منظور برگزاری بازی‌های المپیک سال ۲۰۰۸ ساخته شد. این بنای ٤ طبقه توسط کریس بووس[2]، تریستام کارفرای[3]، معماران PTW، شرکت دولتی مهندسی ساختمان چین (CSCEC)، شرکت معماری CCDL و گروه Arup طراحی شده است. الگوبرداری زیستی در این ساختمان با الگوبرداری از حباب‌های صابون که ایده اصلی برای اشاره به ورزش شنا نیز می‌باشد، نشان داده شده است. روش الگوبرداری زیستی مورد استفاده در این ساختمان همچنین رویکرد طراحی بر اساس زیست است.

پوسته این ساختمان باید قادر به تقسیم فضاها به سلول‌های هم اندازه و حاوی حداقل مساحت می‌بود. در عین حال، پوسته ساختمان باید انرژی خورشیدی را جذب می‌کرد تا پوسته انرژی-کارآمد باشد. تریستان کارفرای، طراح مکعب آب، دریافته بود که دانشمندان قبلی مانند لورد کلوین[4] در قرن ۱٦ به این نتیجه می‌رسند که شکل هندسی با ۱٤ سطح به عنوان یک فضا این امکان را دارد که به سلول‌های هم اندازه با حداقل مساحت سطح بین آنها تقسیم شود. پلاتو[5]، دانشمند بلژیکی، در مورد حباب‌های صابون و قوانین نحوه اتصال آنها به یکدیگر در سه سطح و تشکیل یک خط تحقیق کرده بود. فیلم‌های صابون در حباب‌ها این قابلیت را دارند که مساحت سطح و انرژی سطحی را کاهش دهند. این موضوع به طور همزمان به سئوال کلوین پاسخ می‌داد چون تنش سطحی بخش‌های مختلف باعث کاهش مساحت سطح حباب‌ها می‌شود. ثابت شده است که هندسه مؤثرترین روش برای تقسیم یک فضا به چند زیر بخش باشد. بنابراین، روش مورد استفاده، تجسم کردن آرایه حباب در جهتی مشخص و آنگاه، حذف بلوک حباب به منظور به دست آوردن هندسه سازه بود. این طرح مبتنی بر یک واحد تکرار شونده است که در فضایی سه بعدی به شکل کاشی قرارگرفته است، چرخیده و آنگاه، محورها را برش داده است تا شکل هندسی مطابق با تصویر ٤ به دست آید. (The China National Aquatic Center, 2007)

تصویر ٤- شکل هندسی مکعب آب

حتی با وجود این که شکل هندسی کاملاً منظم است، هنگامی که از زاویه‌ای مشخص به آن نگاه می‌کنید، این

[1] Water cube
[2] Chriss Boss
[3] Tristam Carfrae
[4] Lord Kelvin
[5] Plateau

www.SID.ir

Archive of SID

طرح کاملاً تصادفی و زیستی به نظر می‌رسد. پوسته این ساختمان شفافیت آب را با هنر سیستم حبابی نشان می‌دهد. در نتیجه، این طرح باعث می‌شود تا افراد در داخل و خارج از ساختمان از هر جهت منظره آب را مشاهده کنند.

۸,۲,۲ نتایج زیست محیطی طرح

مکعب آب نتایج زیست محیطی زیادی را دربرداشته است. دستیابی به طرح انرژی-کارآمد و غلبه بر کلیه چالش‌ها و تحقق اهداف از طریق به کار گیری روش بیومیمیک از جمله نتایج ساخت این بنا می‌باشند. نتایج یاد شده عبارتند از:

- کاهش هزینه‌های انرژی تا ۳۰٪
- کاهش تأمین روشنایی مصنوعی تا ۵۵٪
- مشاهده تصویری از شفافیت آب توسط بازدید کننده‌ها
- آب باران جمع آوری و از طریق تصفیه کارآمد و سیستم‌های بازگشت آب بازیابی می‌شود.
- صرفه جوئی انرژی ورق‌های اتیلن تترا فلورو اتیلن (ETFE) معادل پوشش کل سقف با پنل‌های خورشیدی است.
- ۲۰٪ انرژی خورشیدی جذب و برای گرمایش استفاده می‌شود.

در مکعب آب از زیست الگو به منظور یافتن یک شکل هندسی که مساحت سطح را در فضایی سه بعدی به حداکثر می‌رساند و در عین حال، امکان کارآمدی انرژی را فراهم می‌کند، استفاده شده است. تجربیات زیادی از به کارگیری زیست الگو در این پروژه به دست آمده‌اند که عبارتند از:

- تجربه کردن طبیعت در محیط
- نماهای بیرونی ساختمان باید موقعیت را نشان دهند.
- ایجاد محیطی واکنشی و راحت
- اهمیت هندسه و ایجاد شکل طبیعی

۸,۳ تئاتر ساحلی، خلیج مارینا[1]

این بنا یک ساختمان دو طبقه است که توسط گروه معماران DP، مایکل ویلفورد[2] طراحی شده است. این تئاتر ساحلی در خلیج مارینا در نزدیکی رودخانه تاریخی سنگاپور واقع شده است. تصمیم به استفاده از روش الگو زیست در طراحی این ساختمان بعد از این اتخاذ شد که طرح اولیه به خاطر این که مستلزم استفاده بسیار زیاد از شیشه بود و یک طرح غربی تلقی می‌شد و همچنین به خاطر این که به آب و هوای گرمسیری سنگاپور حساس نبود، مورد انتقاد واقع شده بود. بنابراین، طرح جدیدی با هدف ایجاد ساختمانی که پاسخگوی ویژگی‌های زیست محیطی و فرهنگی آن کشور بوده و تا حد زیادی سنتی نباشد، انتخاب شد. پوسته ساختمان که مبتنی بر شباهت

[1] The Esplanade Theatre, Marina bay
[2] Micheal Wilford

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی با میوه گرمسیری دورین[1] است، منحصربه فرد است چرا که این سطح نیاز به سایه و تکرار سایه در برابر آب و هوای داغ آن را مرتفع می‌کند و نقشه‌های آن از طبیعت الهام گرفته شده‌اند. بنای این ساختمان در سال ۲۰۰۷ تکمیل شد و روش بیومیمیک آن نیز طرحی بر اساس زیست موجودات زنده است. (The China National Aquatic Center, 2007)

۸,۳,۱ مفهوم طرح

به‌منظور حل مسائل عموم مردم و برای ایجاد سایه از گل میخ‌های روی درخت میوه دورین الهام گرفته شده بود تا از قرار گرفتن بیش از اندازه بنا در معرض نور خورشید جلوگیری شود. گل میخ‌ها مانند لایه‌ای محافظ برای میوه این درخت عمل می‌کنند؛ کاری که سایه‌بان‌های سالن تئاتر ساحلی آن را انجام می‌دهند. هر پوسته حاوی سایه‌بان‌هایی است که با آلومینیم ایجاد شده‌اند. شکل این طرح امکان احساس آرامش را به دست می‌دهد و نوعاً در برخی از فرهنگ‌های سنتی آسیا به چشم می‌خورد. نماهای بیرونی شرقی و غربی ساختمان با جذب بیشترین مقدار نور خورشید و گرما دارای بزرگترین سایه بان ها هستند. این در حالی است که نماهای بیرونی شمالی و جنوبی بسیار کوچک‌تر بودند (Bar-Cohen Y., 2005).

تئاتر دارای سازه‌ای فولادی است. این سازه دارای شبکه داخلی و دستگاه مهار بندی است که لایه‌های داخلی و خارجی را به هم وصل می‌کنند. در بسیاری از نواحی تئاتر، از مواد طبیعی مانند چوب ساختمانی و سنگ استفاده شده است. بیشتر سطح کف ساختمان با سنگ؛ فرش شده است. در دیوارهای داخلی نیز از پوشش سنگ ماسه استفاده شده است. سایه بان های مثلثی از شیشه عایق با بست های آلومینیومی که نقاط میانی را گوشه دار می‌کنند، ساخته می‌شوند.

۸,۳,۲ نتایج زیست محیطی

سالن تئاتر نتایج زیست محیطی زیادی دارد. وجود سایه بان پویا در این ساختمان این امکان را فراهم کرده است که ساختمان تئاتر برجسته به نظر آید و هویت سنگاپور به واسطه الهام زیستی در این بنا هویداست. در عین حال، روش بیومیمیک موضوعاتی را حل کرده است که دغدغه عموم مردم بودند. نتایج حاصل شامل موارد زیر می‌باشند:

- ایجاد محیطی راحت و آرام برای کاربران
- حفاظت در برابر گرمای سنگاپور
- امکان ورود نور طبیعی به داخل ساختمان و در عین حال، حفاظت فضای داخل ساختمان در برابر گرم شدن بیش از اندازه
- استفاده کمتر از سیستم تهویه مطبوع
- فراگیری درس‌های زیاد از این طرح چرا که استفاده از زیست الگو باعث حل مسائل عمده‌ای شده است که در مراحل اولیه طرح مطرح شده بودند. (Asian building and construction, 2001)

[1] durian

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از زیست الگو امکان تحقق موارد زیر را فراهم کرده است:

- انتقال حس فرهنگ به ساختمان
- استفاده از هندسه و الگوها
- استفاده از مسیر حرکت خورشید برای ایجاد حفاظت در بخش‌های مورد نیاز

جدول۳- جمع بندی و مقایسه مطالعات موردی بررسی شده

بنا	ایده و سطح بیومیک	اهداف	دلایل انتخاب شباهت	مواد پوست ساختمان	اثرات پوست ساختمان
ساختمان شورای شهر ملبورن ۲	ایده: درخت سطح: ارگانیسم و رفتار	پروژه زیست محیطی روشن و پر نور، خانه سبز، بی رنگ - انرژی-کارآمد - بهبود رفاه - حساس به محیط زیست - پایدار	استفاده از راهکارهای یکپارچه. - مدل کارکردی برای مسائل پیچیده. - پوست محافظت میکند و سیستم بادگیر را ایجاد می‌کند. - درختان بسیار انرژی-کارآمد هستند. به دلیل تعدیل آب و هوای بیرونی	همه مواد قابل بازیابی هستند. - چوب ساختمان - فولاد - بتن	-هوا ۱۰۰٪ تصفیه می‌شود. - نور دهی طبیعی و تهویه با صرفه جویی تا ٦٥٪ - حداکثر تهویه طبیعی - با محیط طبیعی ارتباط دارد. - ایجاد سایه برای راحتی دید
مکعب آب، پکن	ایده: حباب‌های آب سطح: ارگانیسم	- خانه سبز و عایق بندی شده - بازده انرژی - ورود نور طبیعی - جداسازی محیط بیرونی و درونی	- استفاده از شکل‌ها و قالب‌های هندسی - تنش سطحی حباب‌ها باعث کاهش مساحت سطح می‌شود. - ایجاد تجربه مشاهده شفافیت آب	- فولاد - ورق‌های اتیلن تترا فلورو اتیلن (ETFE)	- کاهش انرژی ۳۰٪ - کاهش نور دهی مصنوعی ۵۵٪ - ماده ETFE انرژی را ذخیره می‌کند.
سالن تئاتر ساحلی، سنگاپور	ایده: میوه دورین سطح: ارگانیسم و رفتار	- در نظر گرفتن آب و هوا - تبعیت از نمودار مسیر خورشید - ایجاد سیستم سایه - بازده انرژی - اهمیت موقعیت	- استفاده از شکل‌ها و قالب‌های هندسی - حفاظت گل میخ‌ها در برابر گرما - شکل میوه دورین امکان دید بهینه خلیج را فراهم می‌کند.	آلومینیم شیشه عایق فولاد	- راحتی برای کاربران - حفاظت در برابر گرما - نور دهی طبیعی - سطح پایین سیستم تهویه مطبوع

منبع بر اساس (Radwan, Osama, 2016) از نگارنده

۹. ماتریس هدف

گام بعدی در دستیابی به رهنمودهای مربوط به طرح پوست ساختمان مقایسه بررسی‌های موردی و اهداف آنهاست. همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، آنالیزی از معیارهای مختلف که در هر سه نمونه موردی برآورده شدند، انجام شد تا سطح بازده انرژی و قدرت هر یک از بررسی‌های موردی تعیین شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه موردی ۱: ساختمان شورای شهر ملبورن (CH2)، **نمونه موردی ۲**: مکعب آب، **نمونه موردی ۳**: سالن تئاتر ساحلی

کلید: محقق شده ■، تا حدودی محقق شده □، محقق نشده O

جدول٤- مقایسه مطالعات موردی بررسی شده

معیارها	موارد بررسی شده	نمونه موردی۱	نمونه موردی۲	نمونه موردی۳
بهره وری	صرفه جوئی در انرژی	۸۲٪	۳۰٪	۳۰٪
	تهویه و نور دهی طبیعی	٦٥٪	٥٥٪	٤٥٪
	تصفیه هوا	■	O	O
	ارتباط با محیط طبیعی	■	■	■
	حفاظت در برابر گرما	■	■	■
	دید راحت	■	■	■
	تبعیت از نمودار مسیر حرکت خورشید	■	■	■
	استفاده از پنل های فتوولتائیک و خورشیدی	■	■	O
	سطح پایین سیستم تهویه مطبوع	۲۰٪	۳۰٪	۱٥٪
مصالح	قابل بازیابی	■	□	□
	تجدید پذیر	■	□	□
رویکرد	زیست شناسی متأثر کننده طراحی	O	O	O
	طراحی با نگاه به زیست شناسی	■	■	■
سطوح زیست الگو	موجود زنده(اگانیسم)	■	■	■
	رفتار	■	O	O
	اکوسیستم	O	O	O

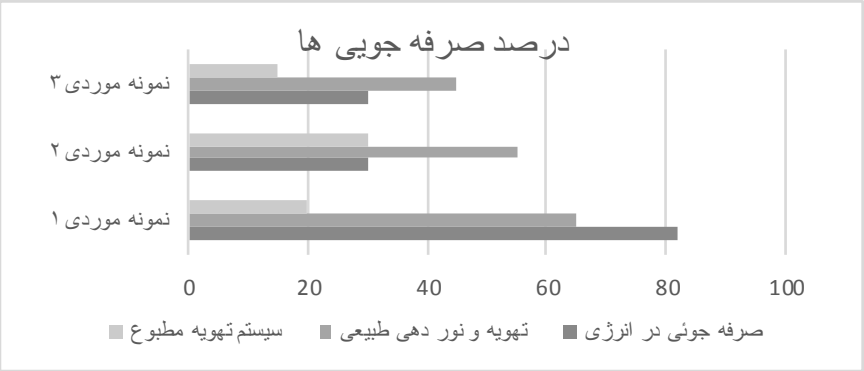
منبع نگارنده، ۱۳۹٦

نتیجه صرفه جویی کل؛ حاصل برآیند مستقیم معیارهای مختلفی است که در سراسر پروژه محقق شدند. به عنوان مثال، استفاده از پنل های خورشیدی، استفاده از نمودار مسیر حرکت خورشید و راحتی دید؛ همگی در محصول نهایی جهت صرفه جوئی درکل انرژی، صرفه جوئی سیستم تهویه مطبوع و طبیعی و نور دهی نقش داشتند. دیاگرام ۱ درصد میزان صرفه جوئی ها را در نمونه های موردی بررسی شده نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

دیاگرام ۱- مقایسه میزان صرفه جویی برای مطالعات موردی انجام شده



همان طور که از دیاگرام ۱ ملاحظه می‌شود، کارآمدترین و قوی‌ترین نمونه موردی، ساختمان شورای شهر ملبورن بود چرا که این مورد نسبت به دو نمونه موردی دیگر در کل دارای بیشترین صرفه جوئی در مصرف انرژی بود. در نمونه موردی اول از موادی با بیشترین مقدار بازیافتی و تجدید پذیری استفاده شده بود. این ساختمان هوای خود را کاملاً تصفیه می‌کند و از نظر بازده انرژی از مشخصه‌های اصلی درخت استفاده کرده است. در این طرح همچنین حداکثر استفاده از شباهت زیستی صورت گرفته است.

۱۰. ماتریس طراحی

پس از آن، ایجاد ماتریس طراحی به منظور تعیین الزامات اصلی پوسته ساختمان ضروری است. این ماترس شامل معیارهای اصلی مورد نیاز به منظور طراحی پوسته انرژی- کارآمد در هر دسته است. ماتریس یاد شده به عنوان راهنمای طراحی پوشش‌های انرژی-کارآمد به کار خواهد آمد (جدول ۵).

جدول۵- ماتریس طراحی

مکانیزم		تنظیم حرارتی	بهره وری از آب و خواص پایدار	عایق سازی و حفظ گرما	رفتار پویا و حساس به محیط زیست	انتقال و جذب رنگ‌ها	جمع آوری آب و حفاظت پوسته
معیارها سایه انداز	گرمسیری		✓	✓		✓	
	قطبی			✓		✓	
	بیابان خشک	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	تغییر رنگ				✓		
	ارتباط با محیط خارجی	✓	✓		✓	✓	
انتقال	استفاده از رنگ برای ایجاد کشش				✓		
	ایجاد شور و شوق برای کاربران				✓		
	جذب کاربران	✓	✓		✓		

www.SID.ir

Archive of SID

حفاظت حرارتی	ذخیره سازی گرما		✓	✓			
	جمع آوری نور		✓	✓			
	گرمایش داخلی			✓			
	عایق			✓			
بهره وری از آب	کاهش استفاده از آب		✓				✓
	بازیافت آب		✓				✓
	جمع آوری آب		✓				✓
	تصفیه هوا		✓				
	نمای خود تمیز شونده		✓				
تنظیم حرارتی	تنظیم دما داخلی	✓		✓			
	ایجاد محافظ های خورشیدی با اندازه های مختلف	✓					
	نمودار دنبال کننده مسیر آفتاب	✓			✓	✓	
	نمای پاسخگو	✓			✓	✓	
	حفاظت پوسته	✓	✓	✓			✓
	پاسخ به محیط خارجی	✓	✓	✓	✓	✓	✓
الهام از		خزندگان(مارها و مارمولک ها)	گل ها و گیاهان	خرس قطبی، سمور های آبی، پنگوئن ها	مرغ مگس خوار دم بنفش	الگو های هندسی	مارمولک استرالیایی (شیطان خار دار) و سوسک نامیبی

منبع بر اساس نگارنده ۱۳۹۵

۱۱. پروژه پیش ساختاری

با توجه به معیارهای موجود در ماتریس مورد بررسی؛ برای تفهیم بیشتر می‌توان به مطالعه پروژه‌ای طراحی و الهام گرفته شده از جانوران نام برده در جدول شماره ۵ با توجه به معیار و شاخص مورد نظر پرداخت. در این جا معیار مورد بررسی تنظیم حرارتی با الهام از سوسمارِ پهلو-خالدار[1] (از گروه خزندگان) است.

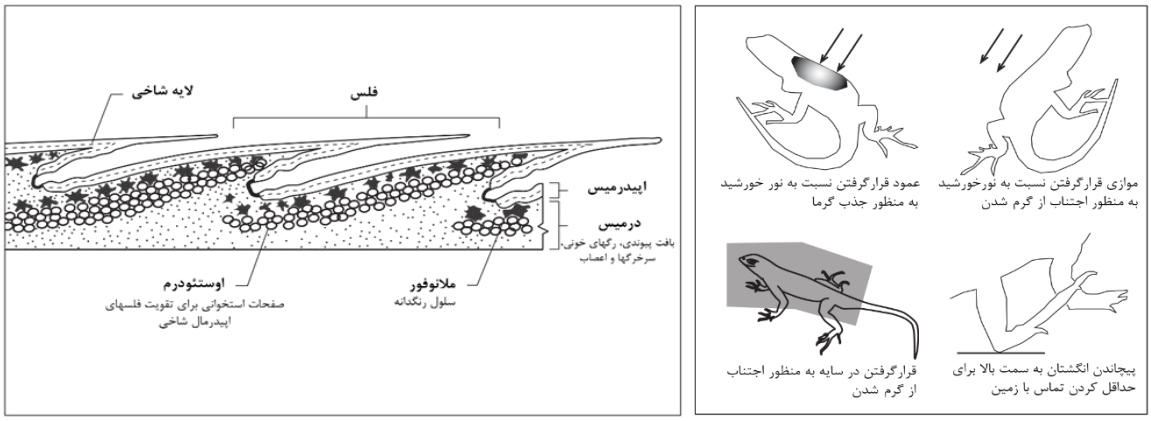
سوسمارها خونسرد هستند؛ یعنی از دمای محیط برای تنظیم دمای بدنشان استفاده می‌کنند. تنظیم دما در سوسمارها به واسطه‌ی ترکیبی از ویژگی‌های پوستی و رفتاری‌شان حاصل می‌شود. سوسمارهای پهلو –خالدارِ معمول دارای الگوی رنگ آراییِ پوستی هستند که نوعا در پشت جانور به رنگ تیره است تا نورخورشید را جذب کند، و در ناحیه شکم به رنگ روشن است تا گرمای زمین را بازتاب دهد. سوسمارها با رفتارهایشان گرما را از محیط جذب می‌کنند یا به آن دفع می نمایند. سوسمار موقعیت بدنش را عمود بر نورخورشید تنظیم می‌کند تا گرما را

[1] Side-blotched lizard

www.SID.ir

Archive of SID

جذب کند یا هنگام چنبره زدن موازی با آفتاب قرار می‌گیرد تا با کاهش سطح بدنش که با زمین تماس دارد، از گرم شدن جلوگیری کند. آنها گرم‌ترین ساعت های روز را در سایه سپری میکنند تا از گرم شدن بیش از حد جلوگیری کنند. فلس‌های پوست سوسمار برای استتار حائز اهمیت هستند و از خشکی جلوگیری می‌کنند و از او در برابر سنگ‌ها و برگ‌های تیز حفاظت می‌کند.



تصویر۵. بررسی ساختار مارمولک و توانایی آن در تنظیم حرارتی

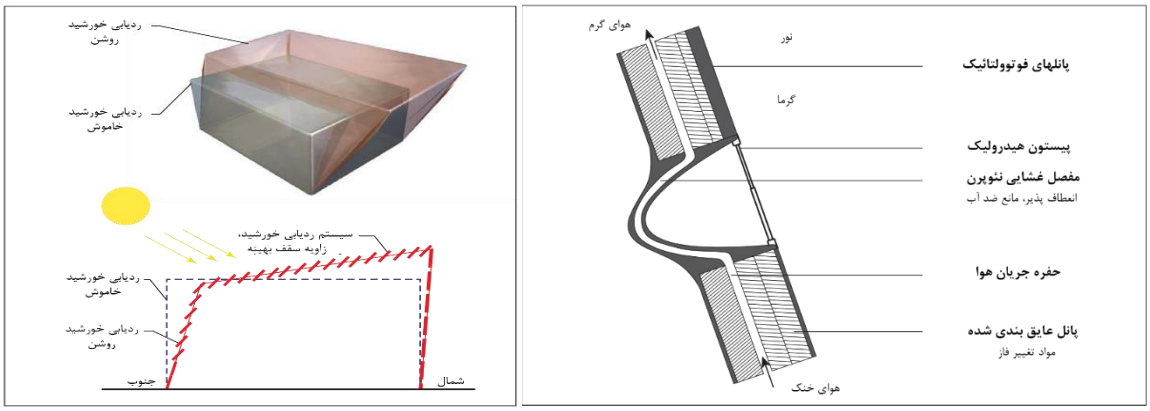
فلس‌های مارمولک یک سطح کراتینی پیوسته است که از اپیدرمیس شکل گرفته است؛ این فلس‌ها دارای نواحی ضخیم‌شده (لایه شاخی) ونازکی هستند که به لولاهایی اتصال دارند. درمیس حاوی اوستئودرمیس[1] و سلول‌های رنگدانه (ملانوفورز)[2] است. اندازه‌های متفاوت فلس‌ها به تحرک مارمولک و توانایی آن در تنظیم دمای بدن کمک قابل‌توجهی می‌کند. تنظیم گرمایی در ارگانیسم‌های ساکن در بیابان (به‌ویژه جانوران خونسرد) نیاز به مراقبت ثابتی دارد. این پروژه به بررسی نحوه‌ی پاسخگوییِ سیستمِ پوشش ساختمان به تغییر دمای شدیدِ بیابان میپردازد تا دمای داخل را سطح آسایش انسان نگه دارد. پروژه بررسی شده گوشه‌گیری هنرمندی در بیابانی بزرگ است که از فیزیولوژیِ " مارمولک پهلو خالدار"و سازگاری های رفتاری اش با دمای بیابان الهام گرفته است. تمرکزِ طرح بر ایجاد سیستمی بسته است که آسایشی ٢٤ ساعته را در طول روزهای گرم و خشک و شب‌های بسیار سرد برای ساکنین فراهم می‌کند. راهبردهای فیزیولوژیکیِ پوست سوسمار الهام بخش طراحی دیوار بوده و سازگاری‌های رفتاریِ سوسمار بر سیستم هوشمندِ «دنبال‌کننده‌ی خورشید» تاثیر گذاشته است (که با سیستم هیدرولیک و سنسورها حرکت می‌کند).

S.C.A.L.E.S (سیستم هوشمند – پیوسته – فعال – لایه – لایه – محیطی) بالاترین سطح تنظیم کارآمد حرارت بدن است که در مارمولک مشاهده می‌شود؛ (S.C.A.L.E.S) رفتار و خصوصیاتی را که به بقای مارمولک در بیابان کمک می‌کند با هم ترکیب می‌کند و این عوامل را در پوشش ساختمان ادغام می کند. این روش سرنخ‌هایی از مهارت‌هایی را که مارمولک برای بقا بکار می‌برد استفاده می‌کند و در واقع بقا در بیابان را برای ساختمان راحت می‌کند (مازولنی، ۲۰۱۳).

[1] osteoderms
[2] melanophores

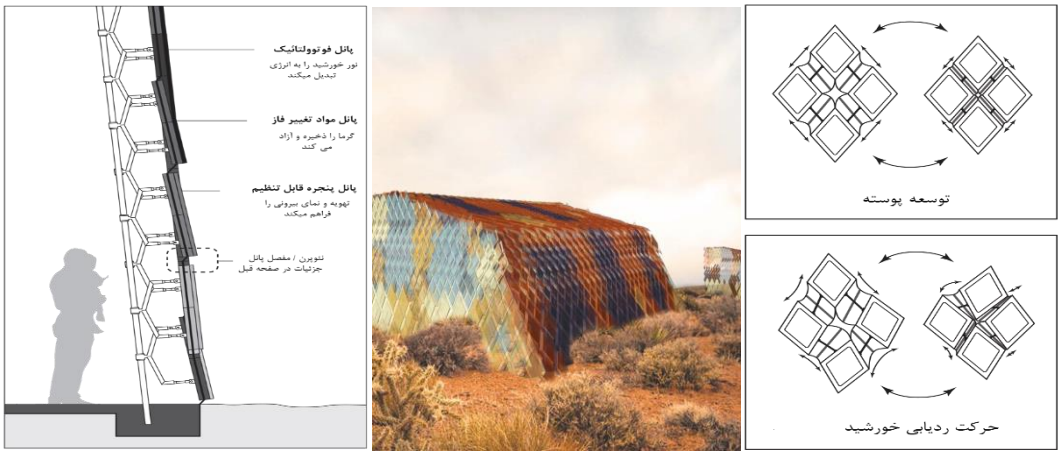
www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ٦. (سمت چپ) سیستم ردیاب خورشید (سمت راست) جزئیات پانل‌های فتوولتائیک

(S.C.A.L.E.S) از پنل‌های تکه‌ای استفاده می‌کند که بسته به کارکردهایشان در سراسر پوشش توزیع شده است (به شیوه‌های مختلف). دیوار جنوبی از سه نوع پانل مختلف تشکیل شده است؛ مات و عایق، فوتوولتائیک، پنجره ی کنش پذیر. پانلِ عایق از ماده ی تغییر فاز استفاده می‌کند تا در طول روز دمای داخل تثبیت شود. ضمن آنکه داخل خانه خنک است، گرما در طول روز دخیره میشود. گرمای ذخیره شده در طول روز به تدریج آزاد شده و در شب خانه را گرم میکند. سیستم پوششِ ساختاری از فولادِ محکمی ساخته شده تا پانل ها به آن متصل شوند. همه‌ی نماها از راهبرد سازمانی مشابهی پیروی میکنند، حال آنکه ترکیب پانل ممکن است بسته به نوردهی تغییر کند. پانل‌های فتوولتائیک تشعشعات خورشید را جذب و آن‌ها را به برق کارخانه تبدیل می‌کنند. پانل‌های پنجره امکان دیدن و تهویه را فراهم می‌کنند. این پانل‌ها به صورت استراتژیک به نحوی قرار گرفته‌اند تا عملکردشان حداکثر شود. در بین این پانل‌ها یک غشا انعطاف پذیر وجود دارد که از نئوپرن ساخته شده است. این غشا به پانل‌ها اجازه می‌دهد تا در حال که پیوسته، عایق و مقاوم در برابر آب هستند دامنه‌ای از حرکات را نیز داشته باشند.



تصویر ۷. (سمت راست و وسط)دیواره از پانل‌های متوازی‌الاضلاعی تشکیل شده است که بر روی سخت‌افزاری سوار شده‌اند که امکان دامنه کوچکی از حرکات را فراهم می‌کند. فلس‌ها بر روی مفاصل قابل‌تنظیم، جک‌های گازی و انتهای میله‌ها سوار شده‌اند. مفاصل قابل‌تنظیم به پانل‌ها امکان کج شدن افقی و جک‌های گازی نیز اجازه کج شدن عمودی و حرکت در خلاف جهت یکدیگر را می‌دهند.(سمت چپ) طرح پروژه

www.SID.ir

Archive of SID

این استودیو، درست همانند مارمولک، مستقیما بر روی کف بیابان قرار دارد. پانل‌های انفـرادی در حالیکـه انـرژی و گرما را جمع‌آوری می‌کنند نور خورشید را بازتاب می‌دهند. سقف و نمای جنوبی این سـازه بـه منظـور قرارگیـری بهینه نسبت به زاویه خورشید اندکی کج می‌شود.

۱۳. نتیجه‌گیری

در طی دهه‌های گذشته پیشرفت زیادی در درک سیستم های بیولوژیکی صورت گرفته و این دانش به رشته معماری نیز وارد شده است. تقلید و الهام از طبیعت بهترین رویکرد برای معماری و طراحی است چراکه بنا جزئی از محیط ساخته شده خود است و همچنین ایده‌های جسورانه‌ای را برای محیط پیرامون خود ارائه می‌دهد. همچنین طبیعت در طول میلیاردها سال پایدار و به لحاظ انرژی، کارآمد بوده است. موجودات طبیعی رشد و نمو کرده‌اند و استراتژی‌هایی را به منظور ایجاد طرح‌های انرژی-کارآمد ایجاد کرده‌اند. به کارگیری این مشخصه‌ها در معماری می‌تواند بسیاری از مشکلات و مسائل انسانی را حل کند. طبیعت الهام بخش از پتانسیل قابل توجهی برای اجرای روشی جدید در طراحی پوشش‌های انرژی-کارآمد ساختمان‌ها برخوردار است. پوشش ساختمان دارای مقدار قابل توجهی از مصرف انرژی است که بهینه ساختن آن مانع هدر رفتن انرژی می‌شود. با شناسایی و الگوبرداری از استراتژی‌های طبیعت و با به کارگیری روش زیست الگو می‌توان سطح مصرف انرژی را در ساختمان‌ها کاهش داد.

منابع

۱- ایلاریا مازولنی، " معماری از طبیعت پیروی می‌کند،" (۱۳۹٦)، ترجمه خردمند ص.، رحیمی، ه، انتشارات سروش دانش، تهران، ایران

۲- خردمند، ص. بایومیمیکری رویکردی برای الهام از ساختارهای زیستی با کمک محاسبات، (۱۳۹٦)، دومین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و مدیریت بحران، تهران.

۳- گلابچی، م و خرسند نیکو، م. (۱۳۹۳)، "معماری بایونیک"، دانشگاه تهران، تهران، ایران، ص۵۷-۵۹.

4- Asian building and construction, 2001. *Esplanade theatres on the bay*. Singapore: DP Architects

5- Benyus, J.M., 1998. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Perennial (Harper Collins.)

6- Biomimicry Institute., 2011. *AskNature*. Retrieved from http://www.asknature.org/article/view/what_is_ask_nature

7- Bar-Cohen Y., 2005 (Ed.), "Biomimetics: Mimicking and being Inspired by Biology," CRC Press, pp. 505

8- Gruber, P. 2008. *Biomimetics in Architecture*. Reading, U.K.: The University of reading Institute for Building Construction and

9- Technology.

10- Hoeven, M., 2012. *Technology Roadmap: Energy Efficient Envelopes*. (Online) Retrieved from

11- http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapEnergyEfficientBuildingEnvelopes.pdf

12- Ibrahim, M., 2011. *Biomimicry as a tool for sustainable architectural design towards morphogenetic architecture* (Online) Available

13- http://www.academia.edu/1739669/BIOMIMICRY_AS_A_TOOL_FOR_SUSTAINABLE_ARCHITECTURAL_DESIGN_towards_

www.SID.ir

Archive of SID

14- morphogenetic_architecture
15- Kieran, S. & Timberlake, J, 2004. *Refabricating Architecture*. New York: McGraw-Hill.
16- Mazzoleni, I., 2013. *Architecture follows nature- Biomimitic Principles for Innovative Design*. CRC Press.
17- Rankouhi, A, 2012. *Naturally Inspired Design. Investigation into the application of biomimicry in architectural design*.
18- The China National Aquatic Center, 2007. Box of bubble. *Ingenia* Issue 33 December
19- The Structural Group. 2008. *The Building Envelope – A Little-Known Key to Energy Efficiency*. Quorum Magazine. Retrieved from
20- http://www.structural.net/tabid/434/contentid/692/Default.aspx
21- Steadman, P. 2008. *The Evolution of Designs-biological Anology in Architecture & Applied Arts*. Oxon: Routledge
22- Webb, S., 2005. The Integrated Design Process of CH2. *Environment Design Guid*e. CAS 36.
23- Yowell, J., 2011. *Biomimetic Building Skin* (Online) Available at http://tulsagrad.ou.edu/studio/biomimetic/jy-FINAL-thesis.pdf
24- Zari, M.P. 2007. Biomimetic *Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. Sustainable Building Confernece.

www.SID.ir