مقاله علمی

(بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول)

تبیین مدل مفهومی طراحیِ «انرژی کم» در نیروگاه‌های هسته‌ای با رویکرد بیومیمیکری

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

سپیده محمودی‌نژاد[۱]- کارشناس ارشد مهندسی هسته‌ای گرایش کاربرد پرتوها، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

نسیم رضوی‌نیا- دانشیار، گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه مکگیل، کانادا.

امیرعباس اشراقی- کارشناس ارشد معماری و پژوهشگر معماری پایدار، تهران، ایران

چکیده

«بیومیمیکری» (شامل «بیو» به‌معنای «زندگی» و «میمِسیس» به معنای «تقلید») حوزه جدیدی است که به مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت و تقلید از این طرح‌ها و فرآیندها به حل مشکلات انسان می‌پردازد. در این حوزه رویکردی که نسبت به فرآیندهای طراحی داریم این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به‌خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. هدف اصلی این پژوهش بررسی کاهش مصرف انرژی در نیروگاه‌های هسته‌ای بالاخص با انرژی‌های طبیعی است. روش تحقیق «توصیفی- تحلیلی» و روش سنجش با «نرم‌افزار آباکوس» بوده است؛ لذا برای دستیابی به نتایج قابل استناد از نرم‌افزار المان محدود آباکوس برای مدل‌سازی اشکال پیشنهادی و کاهش مصرف انرژی در آن‌ها استفاده شده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که شکل بهینه مقاوم سازی برای دیوار خارجی ساختمان‌های هدف ترکیب دیوار پلکانی و انحنا به خارج و ترکیب دیوار پلکانی و انحنا به داخل است. همچنین برخورداری از راهکارهای بیومیمکری در طبیعت می‌تواند مانند برج‌های لاوا و مجموعه ایستگیت و غیره در کاهش مصرف انرژی این مجموعه‌ها تاثیرگذار باشد.

واژگان کلیدی: نیروگاه هسته‌ای، سرمایش و گرمایش، بیومیمکری.

[۱] نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۰۷۲۸۱۸۵۳۳، رایانامه: sepide.mah@yahoo.com

۱- مقدمه و بیان مساله

طی سال‌های گذشته اغلب کشورها به استفاده از این نوع انرژی هسته‌ای تمایل داشتند و حتی دولت ایران ۱۵ نیروگاه اتمی به کشورهای آمریکا، فرانسه و آلمان سفارش داده بود. ولی خوشبختانه بعد از وقوع دو حادثه مهمتری «میل آیلند»[۱] در ۲۸ مارس ۱۹۷۹ و فاجعه «چرنوبیل»[۲] در روسیه در ۲۶ آوریل ۱۹۸۶، نظر افکار عمومی نسبت به کاربرد اتم برای تولید انرژی تغییر کرد و ترس و وحشت از جنگ اتمی و به‌خصوص امکان تهیه بمب اتمی در جهان سوم، کشورهای غربی را موقتاً مجبور به تجدید نظر در برنامه‌های اتمی خود کرد. همچنین «در طول تاریخ معماران مشاهده کرده‌اند که چگونه زندگی در محیط و طبیعت ادامه دارد و لذا تلاش می‌کنند طراحی را با این محیط تطبیق دهند. اگرچه اشکال مختلفی از طراحی «زیست‌الگوسازی» یا «زیست‌الهام» از سوی محققان و متخصصان در زمینه معماری پایدار مورد بحث قرار گرفته است» (Reed, 2006, Berkebile, 2007)، کاربرد گسترده بیومیمیکری به‌عنوان یک روش طراحی معماری تاحد زیادی قابل تحقق است (Faludi, 2005)، یعنی برای این‌که حقیقتاً بیومیمیکری اتفاق بیفتد، طراحی باید به علم طبیعت نه فقط ظاهر آن، آگاهی داشته باشد. طبیعت همه نوع فرصت را به این معنا به آن‌ها نشان می‌دهد؛ لذا تعداد زیادی از مکانیزم‌ها و طرح‌هایی که موجب تحسین می‌شوند، توانایی غنی‌سازی بسیاری از زمینه‌های زندگی با بیعت و الگوبرداری از آن را دارند. اصطلاحات «زیست‌الگو»، «تقلید زیستی»، «زیستارشناسی»، و «زیست‌سازه‌شناسی»، در رشته‌های مختلف برای مطالعات و تحقیقات برای توسعه فن‌آوری پیشرفته‌تر با یادگیری از طبیعت استفاده می‌شود (Mahmoudinejad: 2018 Golabchi and Mahmoudinejad: 2017 و Mahmoudinejad: 2017 B). «بیومیمیکری» (شامل «بیو» به‌معنای «زندگی» و «میمِسیس» به معنای «تقلید») حوزه جدیدی است که به مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت و تقلید از این طرح‌ها و فرآیندها به حل مشکلات انسان می‌پردازد. در این حوزه رویکردی که نسبت به فرآیندهای طراحی داریم این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به‌خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل کنند. همچنین طبیعت در تمام علوم بالاخص معماری، به عنوان راهنما و الگو استفاده می‌شود. بیومیمیکری (تقلید از طبیعت) علمی است که فرآیند الگوبرداری از طبیعت در «مساله‌گشایی طراحی» در حوزه‌های فرم، فناوری، مصالح و تکنولوژی دانسته شده است و می‌تواند به عنوان تقلید از سیستم حیات در طبیعت بیان شده و به ارائه راهکارهای نوین در طراحی معماری و ساختمان بپردازد. از سویی دیگر، امروزه نیروگاه‌های هسته‌ای علاوه بر نقش عمده در تولید انرژی خود جایگاه ویژه‌ای در مصرف انرژی

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

[۱] Three Mile Island

[۲] Chernobyl

داشته و لازم است راهکارهایی در کاهش انرژی آن‌ها لحاظ گردد که در این مقاله به آن‌ها پرداخته می‌شود.

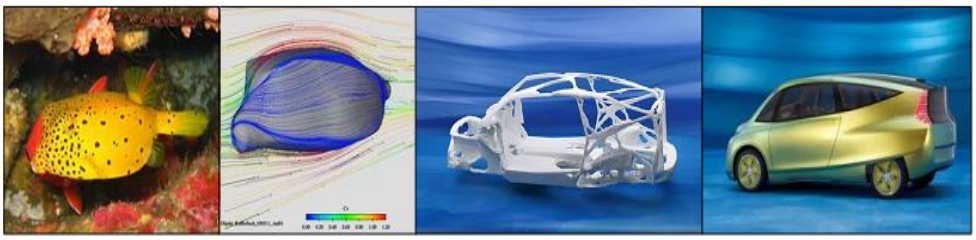
۲- روش‌شناسی و پیشینه تحقیق

این تحقیق بنا به موضوع بنیادی و بنا به ماهیت، تحقیقی کاربردی است. روش تحقیق، «توصیفی-تحلیلی» است که از ابزار گردآوری داده مشتمل بر مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی بهره برده است. همچنین از روش سنجش با نرم‌افزار آباکوس در بازیابی مواجهه با کاهش مصرف انرژی در نیروگاه‌های هسته‌ای استفاده شده است.

۳- ادبیات تحقیق

۳-۱ بیومیمیکری

«بیومیمیکری» (شامل «بیو» به‌معنای «زندگی» و «میمِسیس» به معنای «تقلید») حوزه جدیدی است که به مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت و تقلید از این طرح‌ها و فرآیندها به حل مشکلات انسان می‌پردازد. رویکردی که نسبت به فرآیندهای طراحی داریم این است که طراحان به طبیعت نگاه می‌کنند (به خصوص به ارگانیسم‌ها یا اکوسیستم‌ها) تا یک نیاز خاص انسانی را حل و فصل کنند. بیومیمیکری را می‌توان ترکیبی از زیست‌شناسی، طبیعت و معماری درنظر گرفت. هر دو زیست-الگوسازی و زیست‌تقلید، علوم جدیدی هستند که مواد را در طبیعت مشاهده می‌کنند و سپس هدف ایجاد راه‌حل‌هایی برای انسان‌ها با تقلید از این طرح‌ها یا با الهام گرفتن از آن‌ها هستند (Golabchi and Mahmoudinejad: A, 2018). لذا مفهوم زیست‌الگوسازی که در این بررسی مورد بحث قرار گرفت یک حوزه کاری جدید است که اصول طبیعت و طرح‌ها و فرآیندهای مطابق با اصولی را انتخاب می‌کند که تداوم زندگی را برای 3.8 میلیارد سال تضمین کرده است. به‌طور خلاصه، زیست‌الگوسازی را می‌توان به عنوان نوآوری که از طبیعت الهام گرفته است، تعریف کرد. زیست-الگوسازی یک مفهوم است که برای اولین‌بار توسط نویسنده و ناظر علمی جانین بنیوس از مونتانا مطرح شده است. با توجه به شگفتی‌هایی که او در طبیعت درنظرداشت، معتقد بود که مدل‌های آموزشی طبیعت باید تقلید شود (Golabchi and Mahmoudinejad: A, 2017).



تصویر ۱. نمونه تقلید از طبیعت (بیومیمکری) در طراحی ماشین.

Fig 1. Example of Nature (Biomimicry) in machine design.

هنگامی که این مفهوم به عنوان یک علم از سوی «جانین بنیوس» تلقی شد، آن را با کمک همکارانش و کسانی که علاقه‌مند نزدیک به موضوع بودند، تعمیم داد. حوزه‌ای که توجه ویژه دانشمندان و طراحان را جلب کرد، شروع به تمرین آگاهانه کردند، بنابراین بیومیمیکری به شکلی تبدیل شد که نتایج مثبتی ایجاد کرد و در بسیاری از حرفه‌ها به اجرا درآمد (Kuday, 2009).

تصویر ۲. نمونه بیومیمیکری در طراحی شیشه‌های خودتمیزشونده از لوتوس.

Fig. 2- An example of a Biomimicry in the design of a self-clean of Lotus.

۳-۲ سطوح بیومیمیکری

سطوح بیومیمیکری عبارتند از:

۱. سطح اول بیومیمیکری: تقلید؛ اولین سطح، ارگانیسم است که به تقلید از یک ارگانیسم خاص اشاره دارد. این تقلید می‌تواند از کل ارگانیسم یا بخشی از آن باشد.

۲. سطح دوم بیومیمیکری: سطح رفتاری؛ سطح دوم رفتاری است که به تقلید از نوع خاصی از رفتار یا حرکت اشاره دارد که ارگانیسم روزانه برای زنده ماندن یا تکثیر در ارتباط با بافتی بزرگ‌تر انجام می‌دهد.

۳. سطح سوم بیومیمیکری: سطح اکوسیستم؛ سطح سوم اکوسیستم است که به تقلید از اکوسیستمی خاص و نحوه کارکرد موفق آن و عناصر و اصول موردنیازش اشاره دارد.

۴. سطح چهارم بیومیمیکری: پیاده‌سازی‌های پزشکی؛ بیومیمیکری تنها به دنبال کشف راه-حل‌های پایدار جدید در معماری نیست بلکه می‌تواند به شیوه‌ای به نیازهای انسانی کمک کند(Golabchi and Mahmoudinejad: 2018).

جدول ۱. سطوح اطلاعات در تلفیق دانش بیومیمیکری و معماری.

Tab 1. Levels in the integration of Biomimicry and architectural knowledge; sources: Mahmoucinejad; 2017.

سطوح زیست‌الگوسازی	جنبه‌های سطوح
ویژگی‌های ارگانیسم (ویژگی خود ارگانیسم)	ویژگی‌های فرمال شامل شکل، رنگ، رفتار حجمی، شفافیت، سازماندهی و سلسله‌مراتب بخش‌ها و سیستم‌ها، ساختار، ثبات و مقاومت گرانشی، ساخت مواد و فرایند، تحول، رشد و چرخه زندگی، کارکرد و رفتار مورفولوژی، آناتومی، مودالیتی و الگوها، قابلیت حمل و تحرک، بهبودی، ترمیم، بقا و نگهداری،

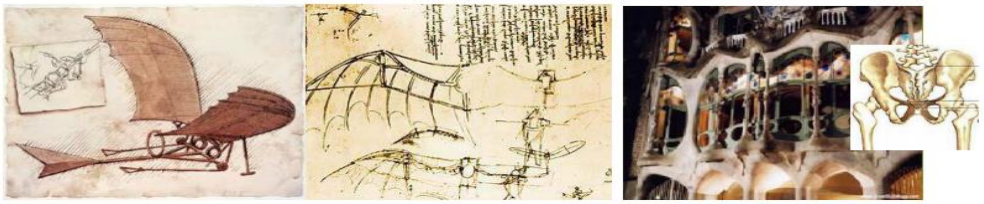
ارتباط جامعه- ارگانیسم	تکنیک‌های بقا، تعامل با سایر موجودات، انتقال دانش میان نسلی و آموزش، سلسله‌مراتب اعضای جامعه، مدیریت و مشارکت گروه، مشارکت و کار گروهی، خودمحافظتی، احساس، پاسخ و تعامل، مدیریت ریسک
ارتباط محیط- ارگانیسم (چگونگی تناسب ارگانیسم در بیومتریک و محیط)	تناسب بافت، تطبیق با تغییر، واکنش اقلیمی با خنک‌سازی، گرم کردن و راه‌حل‌های تهویه، پاسخ به بافت با استتار، خودمحافظتی و شستشوی خودبه‌خودی، سازگاری با اکوسیستم ها شامل تعدیل به سطوح مختلف نور یا صدا، سایه و خودروشنایی، ساخت پناهگاه، مدیریت منابع محدود

۳-۳ مدل‌ها و الگوهای بیومیمیکری

یکی از این افراد، «مایبریت پدرسن‌زاری» است که استاد دانشگاه ویکتوریا در ولینگتون است. او با انجام تحقیقاتی، جدولی پدید آورده که با ارتباط بین زیست‌شناسی، طبیعت و معماری نظریات اساسی و ایدئولوژی‌های بیومیمیکری را تعیین می‌کند. با بررسی ایدئولوژی‌های بیومیمیکری و کارهای دیگر دانشمندان، طراحان و نویسنده‌ها، «مایبریت پدرسن‌زاری» توانست بیومیمیکری را در چهار مقوله یا سطح برتر جایگذاری کند: ارگانیسم، رفتار، اکوسیستم و سازه (Golabchi, 2018).

تصویر ۳. نمونه بنای بیومیمیکری تقلید شده از سوسک زراسه و سمور آبی.

Fig. 3- The example of the Biomimicry in the beetle and the blue weasel.



تصویر ۴. الگوبرداری از ساختارهای زیستی در طراحی: الف) ماشین پرواز بر اساس بال پرندگان از لئوناردو داوینچی و ب) اسکلت بدن در ساگرادا فامیلیای آنتونی گائودی.

Fig. 4- Benchmarking from the Biological Structures in Design: A) The flight machine based on the wing of the Birds from Leonardo da Vinci and B) of the body in Sagrada, Antoine Gaudi.

تصویر ۵. الگوبرداری از کاکتوس در طراحی برج کاکتوس.

Fig. 5- Cactus design for cactus design.

نمودار ۱. نحوه الگوبرداری از طبیعت در معماری بیونیک.

Diag. 1- How to emulate nature in the bionic architecture; sources: Golabchi and Mahmoucinejad, 2019.

طبق گفته بنیوس اگر این روند یادگیری با گسترش به رشته‌های مختلف ادامه یابد، «انقلاب زیست-الگو» در سال‌های آینده رخ خواهد داد (Benyus, 1997). ساختمان‌هایی که از سیستم‌های خنک-کننده در گرمای بیابانی استفاده نمی‌کنند با استفاده از لانه‌های مورچه طراحی شده است (Eastgate Zimbabwe ،Binası). آثار کالاتراوا در موزه هنر میلواکی یا مرکز هنر و علم، والنسیا، یک شکل شبیه چشم یا پرنده را دارد.

تصویر ۶. (الف) ساختمان Eastgate-Zimbabwe؛ (ب) لانه مورچه؛ (ج) سیستم تهویه.

Fig. 6- (i) The Eastgate - Zimbabwe building; (b) ant nests; (c) Ventilationsystem; sources: authores archive.

این نکات الهام‌بخش طبیعت نشان می‌دهد که بیومیمیکری در زمینه معماری، به‌ویژه شکل، ساختار و بافت صورت گرفته است. به همین‌ترتیب، پروژه Kunsthaus معماران Peter Cook و Colin Fournier به عنوان تقلید از سطح بیرونی با کنترل کامپیوتر و به‌شکل یک هیولا دیده می‌شود.

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

تصویر ۷. (a) Kunsthaus; (b) Cafe Insel (Wikipedia, 2014)؛

Fig. 7- (a) Kunsthaus; (b) Cafe Insel (Wikipedia, 2014).

به عنوان یک فرم، Bahai House of Worship از گل نیلوفر آبی الهام گرفته شده و مورچه‌خوار سختپوش نام حیوانی است که الهام‌بخش سالن کنسرت Armadillo (Clyde Auditorium) است.

تصویر ۸. (a) سالن کنسرت Armadillo ؛ (b) Baha'i House of Worship، ماخذ: ویکیپدیا، 2020

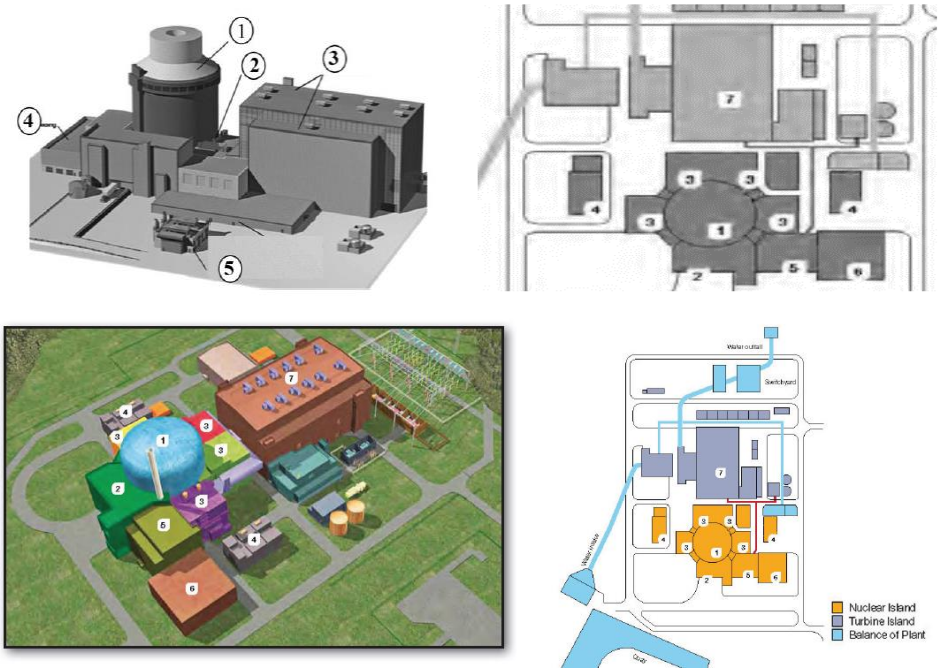
Fig. 8- Concert hall Armadillo) ؛ b (Baha'i House of Worship; sources: WikiPedia. 20120.

شکل هندسی ایستگاه قطار شرق لیسبون دارای یک سبک شاخه‌ای درخت است که ساختار را تعیین می‌کند. ساختار سبک شاخه‌های درختی نیز در فرودگاه اشتوتگارت دیده می‌شود.

۳-۴ نیروگاه‌های هسته‌ای

نیروگاه هسته‌ای به تأسیساتی صنعتی و نیروگاهی می‌گویند که بر پایه فناوری هسته‌ای و با کنترل فرایند شکافت هسته‌ای، از گرمای آزاد شده آن اقدام به تولید انرژی الکتریکی می‌کند. کنترل انرژی هسته‌ای با حفظ تعادل در فرایند شکافت هسته‌ای همراه است که با استفاده از گرمای تولیدی برای تولید بخار آب (مانند بیشتر نیروگاه‌های گرمایی) اقدام به چرخاندن توربین‌های بخار و به دنبال آن ژنراتورها می‌کند. در سال ۲۰۰۴ انرژی هسته‌ای در تولید کل انرژی مصرفی جهان سهمی در حدود ۶٫۵٪، و در تولید انرژی الکتریکی سهمی در حدود ۱۵٫۷٪ داشته‌است و نخستین بار به وسیله انریکو فرمی در سال ۱۹۳۴ در یکی از آزمایشگاه‌های دانشگاه شیکاگو تولید شد. این اتفاق زمانی رخ داد که تیم او مشغول بمباران کردن هسته اورانیوم با نوترون بودند. بنا بر پیش‌بینی اتحادیه جهانی هسته‌ای در سال ۲۰۱۵ به‌طور میانگین هر ۵ روز یک‌بار یک نیروگاه هسته‌ای در جهان آغاز به کار می‌کند. شکافت هسته‌ای صورت گرفته در یک رآکتور فقط بخشی از یک چرخه هسته‌ای است. این چرخه از معادن شروع می‌شود. میزان اورانیوم موجود در پوسته زمین نسبتاً زیاد است به‌طوری‌که با منابع فلزاتی همچون قلع و ژرمانیوم برابری می‌کند و تقریباً ۳۵ برابر میزان نقره موجود در پوسته زمین است. اورانیوم ماده تشکیل دهنده بسیاری از اجسام اطراف ما مانند سنگ‌ها و خاک است. بنا

بر آمارگیری جهانی معادن شناخته شده جهان در حال حاضر برای تأمین بیش از ۷۰ سال انرژی الکتریکی جهان کافی هستند. بهای میانگین اورانیوم در سال ۲۰۰۷، ۱۳۰ دلار آمریکا به ازای هر کیلوگرم بود. به این ترتیب ثبات تأمین سوخت هسته‌ای از بسیاری از دیگر مواد معدنی بیشتر است.



تصویر ۹. طرح شماتیک نیروگاه تحت فشار اروپایی؛ ۱. ساختمان راکتور، ۲. ساختمان جانبی؛ ۳. ساختمان‌های چهارگانه ایمنی؛ ۴. ساختمان‌های برق اضطراری، ۵. ساختمان کمکی، ۶. ساختمان پسماند؛ ۷. ساختمان توربین؛ ماخذ: بهرامی پناه، ۱۳۹۴، ص ۱۳۷.

Fig 9. Schematic plan of the European pressurized power plant; 1. Reactor building, 2. Side building; 3. Quadruple safety buildings 4. Emergency power buildings, 5. Auxiliary building, 6. Waste building 7. Turbine building; Source: Bahramipanah, 2014, p. 137.

۳-۵ فناوری هسته‌ای

تمامی نیروگاه‌های گرمایی متداول از نوعی سوخت برای تولید گرما استفاده می‌کنند برای مثال گاز طبیعی، زغال سنگ یا نفت. در یک نیروگاه هسته‌ای این گرما از شکافت هسته‌ای که در داخل رآکتور صورت می‌گیرد تأمین می‌شود. هنگامی که یک هسته نسبتاً بزرگ قابل شکافت مورد برخورد نوترون قرار می‌گیرد به دو یا چند قسمت کوچک‌تر تقسیم می‌شود و در این فرایند که به آن شکافت هسته‌ای می‌گویند تعدادی نوترون و مقدار نسبتاً زیادی انرژی آزاد می‌شود. نوترون‌های آزاد شده از یک شکافت هسته‌ای در مرحله بعد خود با برخورد به دیگر هسته‌ها موجب شکافت‌های دیگری می‌شوند و به این ترتیب یک فرایند زنجیره‌ای به وجود می‌آید. زمانی که این فرایند زنجیره‌ای کنترل شود می‌توان از انرژی آزاد شده در هر شکافت (که بیشتر آن به صورت گرماست) برای تبخیر آب و چرخاندن توربین‌های بخار و در نهایت تولید انرژی الکتریکی استفاده کرد. در صورتی که در یک رآکتور از سوختی یکنواخت اورانیوم-۲۳۵ یا پلوتونیوم-۲۳۹ استفاده شود بر اثر افزایش غیرقابل

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

کنترل تعداد شکافت‌های هسته‌ای بر اثر فرایند زنجیره‌ای، انفجار هسته‌ای ایجاد می‌شود. اما فرایند زنجیره‌ای موجب ایجاد انفجار هسته‌ای در یک رآکتور نخواهد شد چرا که تعداد شکافت‌های رآکتور به اندازه‌ای زیاد نخواهد بود که موجب انفجار شوند و این به دلیل درجه غنی‌سازی پایین سوخت رآکتورهای هسته‌ای است. اورانیوم طبیعی دارای درصد اندکی (کمتر از ۱٪) از اورانیوم-۲۳۵ است و بقیه آن اورانیوم-۲۳۸ است زیرا اورانیوم-۲۳۸ توانایی شکافت‌پذیری ندارد. اکثر رآکتورها نیروگاه‌های هسته‌ای از اورانیوم با درصد غنی‌سازی بین ۳٪ تا ۴٪ استفاده می‌کنند اما برخی از آن‌ها طوری طراحی شده‌اند که با اورانیوم طبیعی کار کنند و برخی از آن‌ها نیز به سوخت‌های با درصد غنی‌سازی بالاتر نیاز دارند. رآکتورهای موجود در زیردریایی‌های هسته‌ای و کشتی‌های بزرگ مانند ناوهای هواپیمابر معمولاً از اورانیوم با درصد غنی‌سازی بالا استفاده می‌کنند. با اینکه قیمت اورانیوم با غنی‌سازی بالاتر بیشتر است اما استفاده از این نوع سوخت‌ها دفعات سوختگیری را کاهش می‌دهد و این قابلیت برای کشتی‌های نظامی بسیار پراهمیت است. راکتورهای CANDU قابلیت دارند تا از اورانیوم غنی‌نشده‌استفاده کنند و دلیل این قابلیت استفاده آب سنگین به جای آب سبک برای تعدیل‌سازی و خنک‌کنندگی است چراکه آب سنگین مانند آب سبک نوترون‌ها را جذب نمی‌کند. کنترل فرایند شکافت زنجیره‌ای با استفاده از موادی که می‌توانند نوترون‌ها را جذب کنند (در اکثر موارد کادمیوم) ممکن می‌شود. سرعت نوترون‌ها در رآکتور باید کاهش یابد چراکه احتمال اینکه یک نوترون با سرعت کمتر در لحظه تصادم با هسته اورانیوم-۲۳۵ موجب شکافت هسته‌ای گردد بیشتر است. در رآکتورهای آب سبک از آب معمولی برای کم کردن سرعت نوترون‌ها و همچنین خنک کردن رآکتور استفاده می‌شود. اما زمانی که دمای آب افزایش می‌یابد چگالی آب کاهش می‌یابد و سرعت تعداد کمتری نوترون به اندازه کافی کم می‌شود و به این ترتیب تعداد شکافت‌های کاهش می‌یابند بنابراین یک بازخور منفی همیشه ثبات سیستم را تثبیت می‌کند. در این حالت برای آنکه بتوان دوباره تعداد شکافت‌های صورت گرفته را افزایش داد باید دمای آب را کاهش داد که به این کار ایجاد چرخه شکافت می‌گویند.

۳-۶ چرخه سوخت هسته‌ای

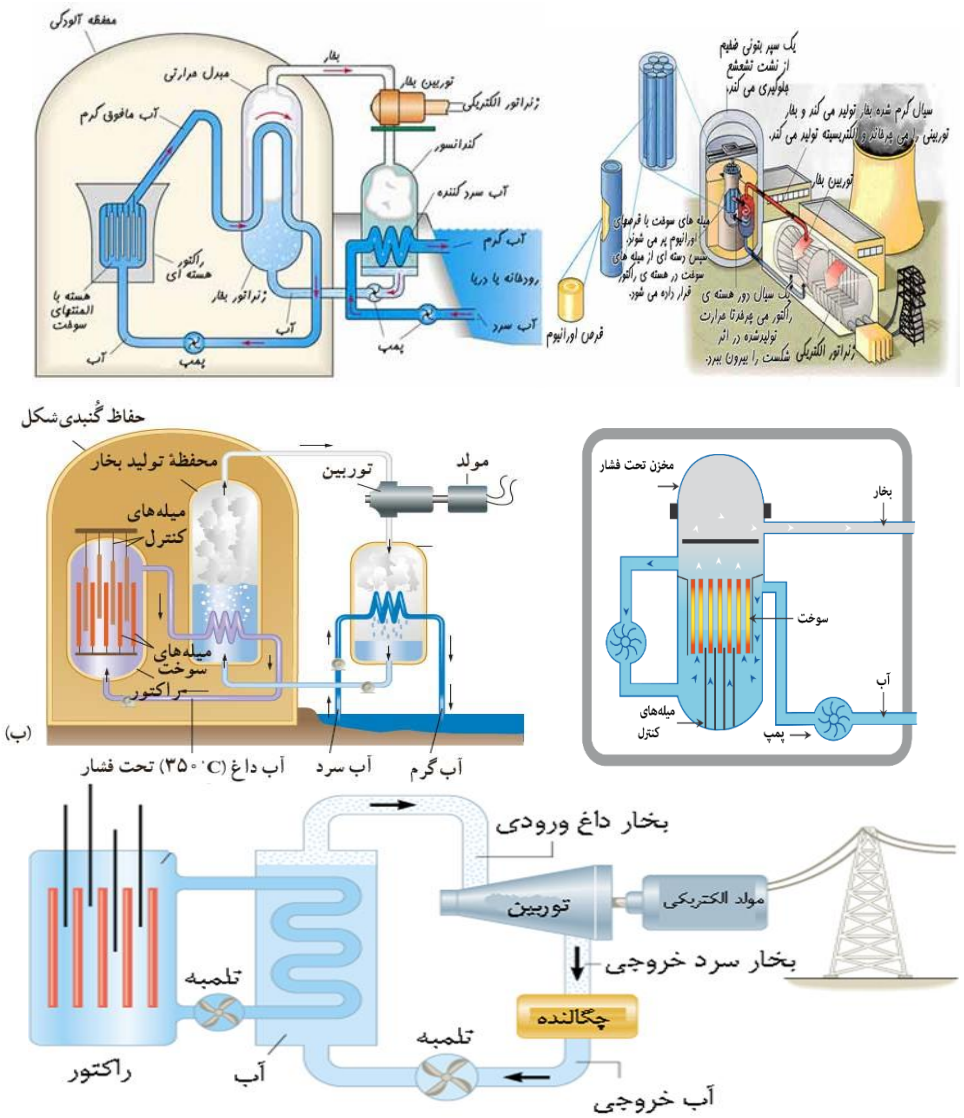
شکافت هسته‌ای صورت گرفته در یک رآکتور فقط بخشی از یک چرخه هسته‌ای است .این چرخه از معادن شروع می‌شود. اورانیوم استخراج شده از معدن معمولاً فرمی پایدار و فشرده مانند کیک زرد دارد. این اورانیوم معدنی به تأسیسات فرآوری فرستاده می‌شود و در آنجا کیک زرد به هگزا-فلوراید اورانیوم که پس از غنی‌سازی به عنوان سوخت رآکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد) تبدیل می‌گردد. در این مرحله درجه غنی‌سازی اورانیوم یعنی درصد اورانیوم-۲۳۵ در حدود ۰٫۷٪ است. در صورت نیاز بسته به نوع سوخت نیروگاه (درصد غنی‌سازی لازم برای سوخت نیروگاه) اورانیوم غنی‌سازی شده و سپس از آن برای تولید میل‌های سوختی مورد استفاده در نیروگاه (شکل میله‌ها

در نیروگاه‌های مختلف متفاوت است) استفاده می‌کنند. عمر هر میل تقریباً سه سال است به‌طوری‌که حدود ۳٪ از اورانیوم موجود در آن مورد مصرف قرار گیرد. پس از گذشت عمر اورانیوم، آن را به حوضچه سوخت مصرف شده می‌برند. اورانیوم باید حداقل ۵ سال در این حوضچه‌ها باقی بماند تا ایزوتوپ‌های به وجود آمده در اثر شکافت هسته‌ای از آن جدا شوند. پس از گذشت این زمان اورانیوم را در بشکه‌های خشک انبار می‌کنند یا اینکه دوباره آن را به چرخه سوخت بازمی‌گردانند.

۳-۷ مشخصات فنی نیروگاه

- سوخت؛ سوخت اصلی نیروگاه، سوخت سنگین (مازوت) می‌باشد که توسط تانکرها حمل و از طریق ایستگاه تخلیه سوخت در سه مخزن ۳۳۰۰۰ متر مکعبی ذخیره می‌گردد. سوخت راه اندازی، سوخت سبک (گازوئیل) است که در یک مخزن ۴۳۰ متر مکعبی نگهداری می‌شود.
- آب؛ آب مصرفی نیروگاه، جهت تولید بخار و مصرف برج خنک کن و سیستم آتش نشانی، از طریق چاه عمیق تامین می‌گردد.
- سیستم خنک‌کن؛ برج خنک کن نیروگاه از نوع تر می‌باشد و ۱۸ عدد فن (خنک کن) دارد که هر یک دارای الکتروموتوری به قدرت kw۱۳۲ و سرعت سرعت RPM۱۴۱ می‌باشد و بوسیله دو عدد پمپ توسط لوله‌ای به قطر ۵,۲ متر آب مورد نیاز خنک کن تامین می‌گردد. دمای آب برگشتی در برج خنک کن ۲۹,۶ درجه سانتیگراد و دمای آب خروجی از برج ۲۱,۶ درجه سانتیگراد می‌باشد.
- سیستم تصفیه آب: سیستم تصفیه آب جهت برج خنک کن؛ آب لازم جهت برج خنک کن بایستی فاقد املاحی باشد که سریعا در لوله‌های کندانسور رسوب می‌کنند (از قبیل بی‌کربناتها). این املاح با افزودن کلرورفریک، آب آهک و آلومینات سدیم گرفته می‌شود و سپس رسوبات جمع شده توسط یک جاروب جمع کننده به بیرون منتقل می‌شوند. به این آب که بدون سختی بی کربنات باشد، آب نرم می‌گویند. آب نرم وارد دو استخر ذخیره شده و از آنجا توسط پمپهایی جهت تامین کمبود آب به برج خنک کن فرستاده می‌شود. برای از بین بردن خزه و جلبک در این استخر، سیستم تزریق کلر طراحی شده است.

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول



تصویر ۱۰. بخش‌ها و عملیات صورت گرفته در رآکتورهای هسته ای؛ ماخذ: آرشیو نگارندگان.

Fig 10. Sections and operations carried out in nuclear reactors; Source: Archives of writers.

۴- بیان یافته‌های تحقیق

۴-۱ نیروگاه کوپن هیل دانمارک

نیروگاه کوپِن هیل که به نام Amager Bakke نیز شناخته می‌شود، در یک اسکله صنعتی در شهر کوپنهاگ دانمارک واقع شده است. این نیروگاه قادر است سالانه ۴۴۰۰۰۰ تن زباله را به انرژی پاک تبدیل نماید. این بنا توسط دفتر معماری BIG به منظور دو برابر کردن زیرساخت‌های عمومی طراحی شده و طرح آن شامل مسیرهای پیاده‌روی درخت پوش، پیست اسکی شیب دار بر روی سقف و بلندترین دیوار مصنوعی کوهنوردی در جهان بر روی نما می‌باشد. این طرح که همسو با هدف کوپنهاگ مبنی بر تبدیل شدن به اولین شهر بدون کربن در جهان تا سال ۲۰۲۵ می‌باشد، در واقع تجسم ایده Bjarke Ingels (آرشیتکت پروژه) در مورد «پایداری خوشایند و لذت‌بخش»

است؛ این عقیده که شهر پایدار نه تنها برای محیط زیست بهتر می باشد بلکه برای زندگی شهروندان نیز لذت‌بخش‌تر است. با پیشنهاد نوع جدیدی از نیروگاهِ تبدیل زباله به انرژی که به لحاظ اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی پایدار باشد، این مرکز به بخشی از شهر تبدیل می‌شود و رابطه میان تولید و سرگرمی، میان زیرساخت‌های انرژی و زیرساخت‌های اجتماعی و میان کارخانه و شهر را بار دیگر تعریف می‌کند. فضای داخلی بنا با آخرین تکنولوژی‌های تصفیه زباله و تولید انرژی تکمیل شده که قادر است سالانه ۴۴۰۰۰۰ تن زباله را برای ساخت انرژی پاک بسوزاند که برق و گرمایش منطقه‌ای با ۱۵۰۰۰۰ خانه را تامین خواهد کرد. این ساختمان همچنین شامل ده طبقه فضای اداری برای تیم ARC میباشد که دربرگیرنده یک مرکز آموزشی برای تورهای علمی، کارگاه ها و کنفرانس-های مربوط به بحث پایداری است.

تصویر ۱۱. نیروگاه کوپن هیل، دانمارک و راهکارهای کاهش مصرف انرژی بیومیمیکری؛ ماخذ: آرشیو نگارنده، ۱۴۰۱

Fig 11. Copen Hill power plant, Denmark and biomimicry energy reduction solutions; Source: Author's archive, 1401.

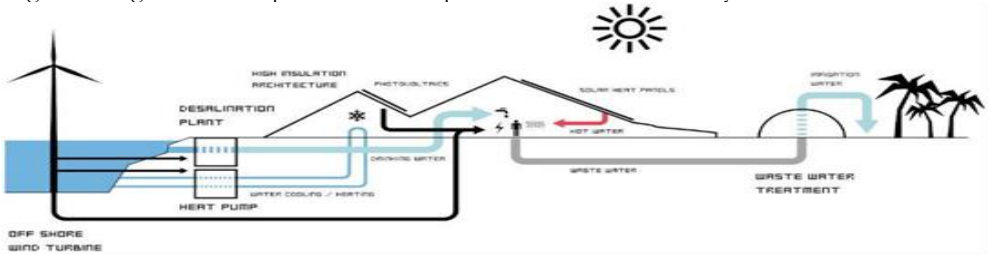
۴-۲ طرح جامع جزیره زیرا

طرح جامع جزیره زیرا توسط بجارک اینگلز طراحی شد که بنیانگذار معماران BIG است. این طرح نمونه‌ای عالی از این نوع بیومیمیکری است. من قسمت جالبی از این پروژه را در برنامه TED دیدم (سرگرمی و طراحی تکنولوژی). TED کنفرانسی است که میزبان بیش از ۵۰ نفر از خلاق ترین و تأثیرگذارترین افرادی است که درباره ابتکارات و طرح‌های پیشنهادی خود صحبت می‌کنند. TED هرساله در دنیا می‌گردد تا افرادی را برای این کنفرانس پیدا کند. طبق گفته بجارک اینگلز در TED، نمایندگان، تحسین برانگیزترین شرکت‌های دنیا را اداره می‌کنند و محبوب‌ترین محصولات را طراحی می‌کنند. آن‌ها دستگاه هایی را اختراع می کنند که دنیا را عوض می‌کنند و رسانه‌هایی خلاقانه خلق می‌کنند. آن‌ها صداهایی قابل اعتماد و اشخاص، الگوها و نوابغی هستند که عرف را درهم می‌شکنند. بجارک اینگلز معماری است که توانست در این کنفرانس درباره بعضی از پیشنهادات طراحی شرکتش صحبت کند که شاید دنیا را عوض کنند. یکی از آنها، طرح جامع جزیره زیرا بود که هنوز ساخته نشده و در سال ۲۰۱۰ درحال ساخت و ساز بود. جزیره زیرا در داخل

خلیج هلالی شکل باکو، پایتخت آذربایجان، و روی دریای خزر قرار دارد. پروژه آنها به **طراحی شهری تفریحی با میزان انرژی صفر** در این جزیره برمی گشت. شاید ساخت محلی با انرژی صفر که یک میلیون متر مربع از جزیره را دربرمی‌گیرد غیرممکن بنظر بیاید ولی BIG راهی برای انجام موفقیت آمیز این کار پیدا کرده است. یکی از وزرای آذربایجان با الهام از یکی از پروژه‌های قبلی BIG این پروژه را به آن ها پیشنهاد کرده است. این وزیر از شیوه بازسازی کوهستان ها از طریق معماری الهام گرفته بود چون آذربایجان بعنوان آلپ آسیای مرکزی شناخته شده است. او با این ایده، از BIG خواست که یک محل و شهر تفریحی بسازد که نیمرخ ۷ کوه مهم آذربایجان را بازسازی کند. فرم ساختمان اینگونه شکل گرفت. هر سازه نه تنها نماینده یکی از ۷کوه معروف آذربایجان است، بلکه قابل سکنی نیز هست. چیزی که این مکان را بی‌همتا می‌سازد، این است که جزیره زیرا قطعا هیچ نوع گیاه، آب یا منبعی ندارد. بجارک اینگلز آن را یک بیابان توصیف می‌کند. بخاطر همین، طرح جامع و کلی BIG طوری طراحی شد که اکوسیستم مستقل خودش باشد. آنها با استفاده از تنوعی از تکنولوژی‌های جدید و پایدار توانستند آنقدر انرژی تولید کنند که برای کل جزیره کافی باشد.

تصویر ۱۲. مفهوم کلی طرح جامع؛ منبع: www.archdaily.com

Fig 12. The general concept of the master plan; Source: www.archdaily.com.



تصویر ۱۳. نمایش تکنولوژی‌های پایدار در راکتور مجموعه براساس ساختار مرجانی؛ منبع: *www.archdaily.com*

Fig. 13. Display of sustainable technologies in complex reactor based on coral structure

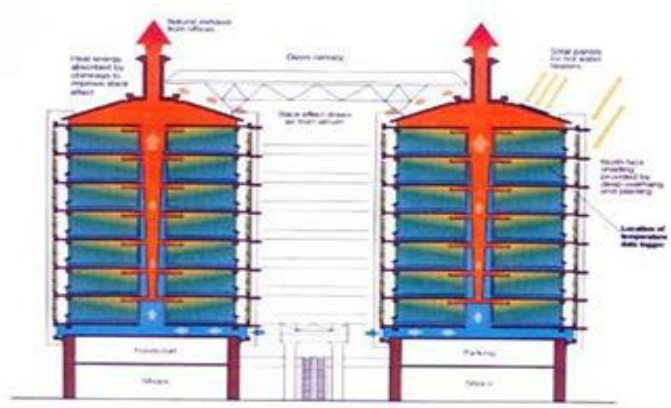
انرژی بادی از توربین هایی تأمین می‌شود که در دریای خزر قرار دارند و برای دستگاه‌های آب شیرین کن بکار می‌رود. دستگاه‌های آب شیرین کن نمک را از آب دریا استخراج کرده و آن را به آب تازه و مناسب برای انسان‌ها تبدیل می‌کنند. سپس از آب برای گرم و سرد کردن ساختمان استفاده می‌شود. سپس تمام فاضلاب اضافی به چشم اندازی وارد می‌شود تا موادغذایی لازم برای گیاهان جدید کل جزیره را تأمین کند. علاوه بر فاضلاب، آب طوفان نیز جمع‌آوری شده و به آبیاری زندگی

نباتی سراسر جزیره می‌رسد. در طول فرآیند استخراج برای تولید آب مناسب برای انسان‌ها، مقداری زیادی از مواد زائد جامد بدست می‌آید که فیلتر شده و جمع می‌شوند. با تبدیل این مواد جامد به روخاک، موادمعدنی جامد نیز بازیافت شده و برای باروری گیاهان استفاده می شود. بجارک اینگلز در توصیف طرح نهایی می‌گوید: درحالی که در توسعه شهری معمولاً از طبیعت خرج می‌کنیم، در این مورد درواقع طبیعت را خلق می کنیم. این راه حل/طراحی یکی از خلاقانه‌ترین نمونه‌هایی است که من تا بحال دیده‌ام. لوله های تخلیه و صفحات فتوولتائیک نیز در نمای بیرونی و بالای ساختمان قرار می گیرند تا نیرو تولید کنند. با کار تمامی این عناصر در کنار هم، جزیره به سیستمی اکولوژیکی، مستقل و پایدار تبدیل می شود. سیستمی که ویلاهای شخصی را با یک جلگه سبز و زیبا ترکیب کرده و به سادگی برای تمام ساکنین جزیره در دسترس است. نتیجه این کار نه تنها به یکی از مهم ترین اقدامات معماری در این شهر تبدیل می‌شود بلکه اثری الهام بخش برای پروژه‌های توسعه‌ای پایدار در آینده (در مقیاسی بزرگ) در سراسر دنیا می‌باشد.

نشـــریه علمی بوطیقای معماری، سال اول، شماره اول

۴-۳ مرکز ایست‌گیت

یک نمونه عالی از مطالعه رفتار ارگانیسم برای حل مشکلات طراحی بشری، موریانه‌ها هستند. «مایک پیرس»، بعنوان یک معمار به مطالعه خانه موریانه (تپه موریانه) پرداخت تا مشکل پیچیده گرما و سرما را در ساختاری بزرگ حل کند. وقتی لانه‌های روی زمینی فراتر از ظرفیت اولیه اش رشد می‌کنند، تپه‌های موریانه‌ای زیادی تشکیل می‌شوند. این لانه‌ها برای این ساخته می شوند که از نواحی تودرتو و سلطنتی و شانه های قارچی (منبع اصلی غذایشان) محافظت کنند. قارچ‌ها تنها درصورتی رشد می کنند که دقیقا در دمای ۸۷ درجه فارنهایت نگه داری شوند. در آفریقا دما بیرون تپه بشدت در نوسان است. در شب، دما به ۳۵درجه فارنهایت و در روز به ۱۰۴درجه فارنهایت می‌رسد! پس موریانه‌ها چطور قارچ‌ها را دقیقا در دمای ۸۷ درجه فارنهایت نگه می دارند؟ به سادگی! آنها دریچه‌های خاصی را باز و بسته می‌کنند که بادقت در تپه تعبیه شده‌اند تا هوای داخل خود تپه تنظیم شود. با سیستمی که بادقت جریان‌های حرارتی را تنظیم می‌کند، هوا از بخش پایین‌تر تپه وارد می‌شود (در حصارکشی‌هایی با دیواره های گِلی) و از یک کانال به سمت نوک تپه موریانه بالا می‌رود. چیز دیگری که این طرح را بسیار جالب می‌کند این است که موریانه‌ها هم بعضی از دریچه‌ها را می‌بندند و اگر دریچه‌های قدیمی کافی نباشند و خوب کار نکنند، دریچه‌ها جدیدی می‌سازند. دقیقاً همین رفتار غریزی موریانه‌ها الهام بخش مایکل پیرس شد تا به طراحی مرکز ایست گیت در زیمباوه دست بزند.



تصویر ۱۴. چگونگی تنظیم دما؛ منبع: *inhabitat.com*

Fig 14. How to adjust the temperature; Source: inhabitat.com

مرکز ایست گیت عمدتاً از بتن ساخته شده که ماده‌ای عالی برای عایق‌بندی و جذب گرمای خورشید است. هوای بیرون که وارد ساختمان می‌شود بسته به دمای توده ساختمانی، یا گرم است یا خنک. اگر توده ساختمانی خنک‌تر باشد، هوایی که وارد می‌شود خنک خواهد بود. سپس این هوا به سمت دودکش بالا می‌رود ولی در مسیر خود، از طبقات و دفاتر ساختمان نیز می گذرد. همانطور که در شکل آمده، ساختمان در واقع از سه بخش تشکیل شده: دو سازه بیرونی و یک مرکز شیشه‌ای که آن‌ها را بهم وصل می کند. فضای شیشه ای مرکزی نیز در همرفت طبیعی نقش دارد و معمولا در معرض نسیم‌های منطقه‌ای قرار دارد.

۵- نتیجه‌گیری و جمعبندی

ساده‌سازی طرح نیروگاه با انتخاب هندسه درست و مناسب برای فضاها و ساختمان‌ها و ارتباط فضایی بین آن‌ها چیدمان فیزیکی و جانمایی مناسب فضاها و ساختمان‌ها در مقیاس‌های مختلف طراحی با هدف افزایش صرفه‌جویی انرژی طراحی ساختارها و سازه‌های اضافی برای ساختمان‌های حساس از لحاظ ایمنی به‌منظور افزایش توانایی سازه طراحی فضای حایل بین ساختمان‌ها با هدف جلوگیری از گسترش خطرات و حوادث به ساختمان‌های مجاور طراحی ساختمان‌ها و ساختارهای متعدد و جداگانه برای سیستم‌های ذخیره مشابه و جداسازی فیزیکی آن‌ها استفاده از فرم‌های ساختمانی کارآمد از نظر عملکردی و کارکردی اهمیت دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود:

۱. رآکتور پایدار نه تنها برای محیط‌زیست بهتر می‌باشد بلکه برای زندگی شهروندانش نیز امن‌تر است. با پیشنهاد نوع جدیدی از نیروگاهِ تبدیل زباله به انرژی که به لحاظ اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی پایدار باشد می‌توان به کاهش مصرف انرژی در مجموعه هدف کمک کرد.

۲. برخورداری از راهکارهای موجود در طبیعت، سیستم‌های سرمایش طبیعی در طبیعت ناشی از علم بیومیمکری می‌تواند جایگزین مخزن‌های آب و سیستم آن بمنظور جلوگیری از تلف آب شود.

۳. بتن و بتن مسلح ناشی از نانوتکنولوژی می‌تواند مصالح عمده موفق باشد؛ چراکه بتن ساخته شده که ماده‌ای عالی برای عایق‌بندی و جذب گرمای خورشید است.

۴. درنظرگرفتن بازوهای ایمن در ساختمان‌های مرکزی و اداری نیز می‌تواند تهویه مستقیم و عملکرد دمایی را بهبود دهد.

۵. استفاده از همرفت طبیعی در اقلیم ایران که غالباً گرم و خشک است می‌تواند در تهویه طبیعی تاثیرگذار بوده و کاهش مصرف را بدنبال داشته باشد.

(*) 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

۱. گودینی، جواد و وفامهر (۱۳۹۷) راهکارهای مؤثر بر افزایش ضریب ایمنی امنیتی در طرح معماری مجموعه‌های صنعتی نیروگاهی، شهر ایمن، شماره ۳.

۲. بهرامی پناه، امیر(۱۳۹۴) طراحی چیدمان، سازماندهی فضایی و ارتباط مناسب بین ساختمان راکتور، ساختمان‌های سیستم، رساله دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه قزوین.

۳. بهرامی پناه، امیر(۱۳۹۴) راهکارهای طراحی معماری به منظور افزایش ایمنی نیروگاه‌ها، باغ نظر، شماره ۳۲.

4. Amjad Almusaed, Intelligent sustainable strategies upon passive bioclimatic houses, Arkitektskole in Aarhus, Denmark, 2004, p. 74
5. Amjad Al-musead, Town texture specific for the warm zone, AD Review, issue nr 12-1996, Bucharest.
6. Antoniades, Antoni (2002) The Poetics of Architecture (Creation in Architecture) Theory of Designing Intangible Strategies towards Architectural Creativity, translated by Ahmad Reza I, Soroush Publications, Tehran [in Persian].
7. Asoko, H., deBoo, M. (2001). Analogies and Illustrations: Representing Ideas in Primary Science. Hatfield: The Association for Science
8. Benyus, J. (1997). Biomimicry - Innovation Inspired by Nature. New York, Harper Collins Publishers .
9. Benyus, J. M. (1997). Biomimicry Innovation Inspired by Nature. Harper Perennial, New York .
10. Berkebile, B. (2007). Master Speaker Address. Proceedings of Living Future Conference. Seattle, WA .

11. Berkebile, B., & McLennan, J. (2004). The Living Building: Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature. BioInspire, 18.
12. Biomimicry Guild. (2007). Innovation Inspired by Nature Work Book. Biomimicry Guild. April .
13. Brown, D.E. (1993). Refocusing Core Intuitions: A Concretizing Role for Analogy in Conceptual Change. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1273-1290 .
14. Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). 14 Patterns of Biophilic Design. New York: Terrapin Bright Green, LLC.
15. Clark, E., Chatto, CH.F. (2014), Biophilic Design Strategies to generate wellness and productivity, National professional conference, April 22-24, 2014.
16. Dagher, Z.R. (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change?. Science Education, 78, 601-614 .
17. Dahl, R. (2013). http://ehp.niehs.nih.gov/pdf-files/2013/Jan/ehp.121-a18_508.pdf
18. Education
19. Faludi, J. (2005). Biomimicry for Green Design (A How To). World Changing .
20. Glynn, S.M., Britton, B.K., Semrud-Clikeman, M., ve Muth, K.D. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Text Boks. Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research, pp. 383-393. New York, Plenum .
21. Golabchi, Mahmoud and Mahmoudinejad, Hadi (2019) Biomimicry and Biophilic Architecture, Tehran Pars University Press [in Persian].
22. Golabchi, Mahmoud and Mahmoudinejad, Hadi (2019) Biomorphic and zoomorphic architecture, Tehran Pars University Press [in Persian].
23. Goodwin, Eric P. (2005). Field Guide to Interferometric Optical Testing. The international society for optical engineering .
24. Hansell, M. (2005). Animal Architecture. New York, Oxford University Press .
25. Hastrich, C. (2006). The Biomimicry Design Spiral. Biomimicry Newsletter. 4.1, 5-6 .
26. Helms, M., Swaroop, S. V., & Geol, A. K. (2009). Biologically inspired design: Processs and product. Elsevieir. 606-622 .
27. Jencks, C. (1971). Architecture 2000: Predictions and Methods, International Thomson Publishing, London
28. Kellert, S. & Calabrese, E.(2015).The Practice of Biophilic Design. Retrieved from: www.biophilicdesign.com.
29. Kellert, S. (2018). Nature by Design: The Practice of Biophilic Design. Yale University Press.
30. Kellert, S.F. & B. Finnegan (2011). Biophilic Design: the Architecture of Life (Film). Bullfrog Films.
31. Kinppers, J. (2009). Building and Construction as a Potential field for the Application of Modern Bio mimetic Principles International Biona Symposium. Stuttgart .
32. Kuday, I. (2009). Examination of the Term Biomimicry as a Supporting Factor In Design Process. Master's Thesis, Mimar Sinan Fine Arts University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .

33. Lawson, A. E. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1213–1214
34. Mahmoudinejad, Hadi A. (2017) Biomimicry architecture of imitation of nature in design, Tahan Publications [in Persian].
35. Mahmoudinejad, Hadi P. (2017) Bionic Architecture, Tehran Tahan Publications [in Persian].
36. McDonough, W. & Braungart, M. (2002) Cradle to Cradle - Remaking the Way We Make Things. New York, North Point Press .
37. Michael, P. (2011). Biomimicry in Architecture - Mitigation and Adaptation to Climate Change. RIBA.
38. Mir Hosseini, Seyed Mojtaba and others (2019) Explaining the criteria of life based on bionic science in human settlements, Human Geography Research, Volume 52, Number 2 [in Persian].
39. Nalcakan, H. (2006). Architectural Education and Turkey in Globalizing World. Master's Thesis, Yıldız Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .
40. Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. (2007). An Ecosystem Based Biomimetic Theory for a Regenerative Built Environment. Lisbon Sustainable Building Conference 07. Lisbon, Portugal.
41. Reed, B. (2006). Shifting our Mental Model "Sustainability" to Regeneration. Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings. Sarasota, Florida .
42. Rohizadeh, Amirreza and others (2017) Utilization of nature in design education, Bagh-e Nazar, Volume 16, Number 68 [in Persian].
43. Sarah H. Wright. (2006). three at MIT conceive cell-shaped building Retrieved from http: web.mit.edu/newsoffice/2006/cellbuilding.html
44. Singh, A. (2015). Biomimicry-an alternative solution to sustainable buildings. Journal of Civil and Environmental Technology, 2(14), 96-101.
45. Söderlund, J., & Newman, P. (2015). Biophilic architecture: a review of the rationale and outcomes. AIMS Environmental Science, 2(4), 950-969.
46. Stephanie Watson. (2009). Learning From Nature. Inform Design, vol.02 issue Retrieved from www.informedesign.umn.edu .
47. Stephen Robert Kellert, Dimensions, elements, and attributes of biophilic design, Yale University, Retrieved on: 12 August 2016
48. Stepich, D.A., Newby, T.J. (1988). Analogizing as an Instructional Strategy. Performance and Instruction, 27(9) p. 21-23 .
49. Tokman, L. (2012). Mimarlik Uzerine Bir Bilimsel Arastırma: Tasarım, Yontem, Uygulama. Elif Yayınevi Yayınları, Ankara .
50. Toronto City Planning.
51. Torrance, S. B., & McGlade, T. (2013). City of Toronto guidelines for biodiverse green roofs. Toronto:
52. Uluoglu, B. (1990). Architectural Design Education: Design Knowledge Communicated in Studio Critiques. PhD Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Istanbul .

چـــــکیده لاتیـــــــــن

سپیده محمودی‌نژاد- کارشناس ارشد مهندسی هسته‌ای گرایش کاربرد پرتوها، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

نسیم رضوی نیا- دانشیار، گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه مکگیل، کانادا.

Explaining the conceptual model of low energy design in nuclear power plants with a biomimicry approach

Abstract

Biomimicry (including bio meaning life and mimesis meaning imitation) is a new field that studies the best ideas of nature and imitates these designs and processes to solve human problems. Pay In this field, our approach to design processes is that designers look at nature (especially organisms or ecosystems) to solve a specific human need. The main goal of this research is to investigate the reduction of energy consumption in nuclear power plants, especially with natural energies. The research method was descriptive and analytical and the measurement method was using Abacus software; therefore, in order to achieve reliable results, Abacus finite element software has been used to model the proposed shapes and reduce energy consumption in them. The results of the modeling showed that the optimal form of reinforcement for the external wall of the target buildings is the combination of stepped wall and outward curvature and the combination of stepped wall and inward curvature. Also, having biomimicry solutions in nature can be effective in reducing the energy consumption of these complexes, such as lava towers and East gate complex, etc.

Key words: nuclear power plant, cooling and heating, biomimicry.