پژوهش در هنر مهندسی و الهام از طبیعت

سعید مشایخ فریدنی*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۰۶

چکیده

گرم شدن زیست کره و پیامدهای آن و سهم غیرقابل‌انکار و قابل‌ملاحظه صنعت ساختمان در تشدید آن این سؤال را در اذهان پدید می‌آورد که به راستی صنعت ساختمان چه می‌کند و به کجا می رود و بناهای آینده چگونه خواهند بود. باک مینیسترفولر (Buckminister Fuler) زمانی در پاسخ به این سؤال گفته است که "بهترین راه پیش‌بینی آینده، طراحی آن است". تصور این است که بناهای مسکونی و به طور کلی فضاهای زیستی آینده، در تعامل و همسازی تنگاتنگ و پویا با طبیعت شکل می‌گیرند و مانند یک موجود طبیعی عمل می‌نمایند. آن‌ها تمامی نیازهای خود مانند انرژی، آب، هوا و غیره را از طبیعت پیرامون خود یعنی خورشید، باد و باران تأمین خواهند نمود.

معماری آینده از ماشین‌های قرن بیستم الگو نگرفته، بلکه از طبیعت و گل‌های زیبای فضای سبز و زنده پیرامون خود الهام خواهند گرفت. هنر مهندسی را در کامل‌ترین صورت خود در طبیعت می‌توان یافت. در طبیعت ساختارها لایه‌ای است و باربری شکل ساده کششی – فشاری دارد، با این همه تنوع و گوناگونی، فرم‌ها فوق‌العاده و بسیار بی‌نظیر است. به علاوه حرکت و پویایی نه فقط در جزء جزء یک ساختار، بلکه در ترکیبات و مجموعه های وسیع و عظیم نیز به شکلی کاملاً هماهنگ موجود است. هدف اصلی این پژوهش مطالعه و درک هنر مهندسی در طبیعت و ساخت‌وساز با الهام از چهار ویژگی از ویژگی‌های طبیعت یعنی" حرکت"، "باربری لایه‌ای"، " چرخه زیست‌محیطی (بازیافت)"و "هندسه پنهان فرم‌های طبیعی"است که طی دو دهه پژوهش و الگوبرداری از طبیعت در کارگاه آموزشی– پژوهشی هنر مهندسی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: طبیعت، الگوبرداری، حرکت، باربری لایه‌ای، بازیافت، هندسه پنهان.

* استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی. S-Mfaridani@sbu.ac.ir

مقدمه

در واقع تاریخ قرن بیستم را باید تاریخ ساخت‌وساز بر پایه الگوبرداری و تقلید از ماشین و فن‌آوری‌های ماشینی دانست. ماشین سمبل تفوق و اقتدار بشر بر طبیعت بود. ماشین‌ها زندگی بشر را در شرایط دشوار اقلیمی راحت تر و زمان سفرها را بسیار کوتاه‌تر نموده و تقریباً همه چیز از تولید لباس تا غذا را به شدت تحت تأثیر قرار داده و دگرگون ساخته بودند.

ت ۱. وضعیت زیست کره و مقدارثابت آب و هوایی که از بدو شکل گیری آن در اختیار بوده و خواهد بود.

این‌گونه بود که ماشین به سمبل و الگوی ایده آل برای طراحی فضاهای زیستی مبدل گردید. تا این حد که لوکوربوزیه (Le Corbosier) معمار بزرگ قرن بیستم هم خانه را به ماشین زندگی تشبیه نمود.

متأسفانه فضاهای زیستی که با الهام از ماشین‌ها طراحی می‌شدند به مرور باوجود برخورداری از فرهنگ‌ها و شرایط اقلیمی متفاوت، مشابه هم می‌شدند. این بناها هم همچون ماشین‌ها از مجموعه قطعات سرهم شده و مشابه ای شکل می‌گرفتند که دیگر مهم نبود در سنگاپور باشند یا در شیکاگو، زیرا شرایط محیطی ایده آل داخلی آن‌ها جدا از شرایط اقلیمی‌شان، با استفاده از تأسیسات الکتریکی و مکانیکی کم و بیش مشابه به یک اندازه و در حد ایده آل کنترل می‌شد.

با از میان رفتن تفاوت‌های منطقه‌ای و تشابه بناها به یکدیگر رفته‌رفته ویژگی‌ها و قابلیت‌های بومی و فرهنگی هم ارزش خود را از دست داده و فراموش می‌شد. به این ترتیب بود که هنر و هنر مهندسی در معماری قرن بیستم رفته‌رفته کم رنگ شد و راه‌حل‌های فنی و فن‌آوری‌ها جایگزین آن‌ها گردید تا به اصطلاح "ماشین‌های زندگی" خلق‌شده به دست آمدند.

مصرف انرژی و مصالح در این ماشین‌ها هم متأسفانه مانند دیگر ماشین‌های عصر ما بسیار بسیار بالا و کمرشکن بود به طوری که این حیف‌ومیل‌ها و به هدرروی انرژی موجب تغییر و تحول اساسی در آب و هوا و شرایط محیطی مورد نیاز فضاهای زیستی گردید. ریشه همه مشکلات در این تصور باطل بود که منابع طبیعی و ارزان‌قیمت تمام‌نشدنی‌اند و از این رو می‌توان از فن‌آوری‌ها به هر شکل و به صورت فزاینده بدون توجه به آثار سوء آن‌ها استفاده نمود و این همه در حالی است که در گذشته نه چندان دور بشر الگو و مدل دیگری برای ساختمان‌سازی‌های خود داشته و با الهام از طبیعت و احترام به ارزش‌های نهفته در آن به این امر مبادرت می کرده است . بناها تا قبل از عصر مدرن به دلایل مختلف بی‌شباهت به ارگان‌های زنده نبوده‌اند.آن‌ها نتیجه تعامل تنگاتنگ با شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی خود بوده‌اند به طوری که مصالح و فرم و ترکیب‌بندی آن‌ها ضمن شکل‌گیری برای آسایش و حفاظت استفاده‌کنندگان، بر اساس کنترل و تنظیم شرایط محیطی مانند دما، رطوبت و استفاده بهینه از انرژی شکل می‌گرفت. نتیجه ملاحظات ذکرشده معماری با فرم‌های متفاوت این بود که زیست‌گاه‌های متفاوت همانند

گونه‌های جانوری و گیاهی، در سازگاری با محیط، تغییر فرم داده و شکل می‌گرفتند.

در واقع مهم‌ترین هدف از پژوهش در هنر مهندسی و الهام از طبیعت مطالعه فرم‌ها، ساختارها و سازوکارهای پویای طبیعی، الگوبرداری و ساخت‌وساز برگرفته از اشکال طبیعی است که البته دستیابی به این مهم تنها تحت یک سرفصل و یا فقط با یک تحقیق کوتاه مدت میسر نمی‌شد. به همین خاطر از دو دهه پیش و پس از برگزاری نمایشگاهی با عنوان " درس‌هایی که باید از طبیعت آموخت" و چاپ کتابی با همین عنوان (ویژه‌نامه صفه ۲۷ چاپ ۱۳۷۷) در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی فضای پژوهشی خاص برای این منظور ایجاد گردید. (کارگاه آموزشی – پژوهشی هنر مهندسی، تأسیس ۸۱–۱۳۸۰) تا در خصوص الهام و الگوبرداری از طبیعت تحقیق و تفحص جدی صورت گیرد.

مقاله پیش رو گزارش اجمالی دو دهه فعالیت‌های پژوهشی هنر مهندسی و الهام و الگوبرداری از طبیعت است که طی چهار سرفصل زیر ارائه می‌گردد.

۱. الگوبرداری از طبیعت–"حرکت"
۲. الگوبرداری از طبیعت–"باربری‌های لایه‌ای"
۳. چرخه زیست‌محیطی–" بازیافت"
٤. فرم‌های پیچیده طبیعی–"هندسه پنهان"

پرسش‌های پژوهش

۱. ویژگی سیستم‌های ساختمانی (سازه و مصالح) برگرفته از طبیعت چیست؟
۲. چگونه می‌توان از هندسه پنهان فرم‌های پیچیده طبیعی، الگوبرداری نمود؟
۳. فضاهای معماری که با الهام از طبیعت بنا می‌شوند چه ویژگی‌هایی دارند؟

ت ۲. نمونه فعالیت‌های پژوهشی الهام از طبیعت در کارگاه آموزشی– پژوهشی دانشکده معماری و شهر سازی دانشگاه شهید بهشتی (سال تأسیس ۱۳۸۱).

الگوبرداری از طبیعت-"حرکت"

بررسی و مطالعه حرکت و سازوکارهای حرکتی در هر دو محیط طبیعی و مصنوع موضوع مورد توجه و تعمق در اولین پروژه پژوهش هنر مهندسی و الگوبرداری از طبیعت است که منجر به طراحی و ساخت ژئودزیک باز و بسته شونده گردید.

اساساً سازه‌های باز و بسته شونده یا قابل‌گسترش نیز مانند بسیاری از ساخته‌های بشر با الهام و الگوبرداری از طبیعت شکل‌گرفته و به وجود آمده است. در طبیعت همیشه همه چیز در حال تغییر و تحول و حرکت است و حرکت نیز با باز و بسته شدن و تغییر حالت اندام‌های حرکتی اتفاق می‌افتد. از این رو مثال‌های فراوانی در این زمینه در طبیعت می‌توان یافت که باز شدن برگ درختان و شکوفه‌ها، باز شدن بال حشراتی که به تازگی از پیله خود بیرون آمده‌اند و سرانجام باز شدن و گسترش جهان هستی از آن جمله‌اند.

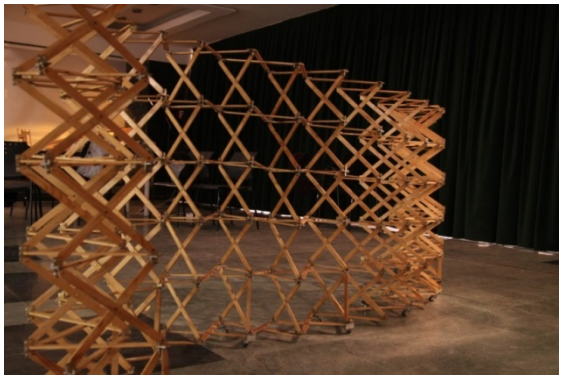
ت ۳. فرم و ساختار طبیعی، حاصل جریان پیوسته سازگاری با نیرو های محیطی است.از ابتدایی ترین و جالب ترین مثال ها در این مورد شکل‌گیری و جابه‌جایی ابر هاست. ابر هر لحظه شکل و رنگی دارد و مدام با تغییر دما در سازگاری با نیرو های وارده تغییر شکل می‌دهد ودرهمه حال با محیط خود در تعادل است.

ساختار باز و بسته شونده قابلیت‌های بسیاری در اختیار می‌گذارد و از این رو سابقه بهره‌برداری بشر از آن به ده‌ها هزار سال قبل نیز می‌رسد. انسان‌های اولیه که در دشت‌ها می زیسته‌اند از ترکیب پوست و استخوان‌های اسکلت جانوران عظیم‌الجثه مانند ماموت‌ها، سرپناه‌های اولیه را به صورت سازه‌های باز و بسته شونده بنا نمودند که در واقع نسل اول سازه‌های غشایی نیز بوده است؛ اما به مرور زمان سازه‌های باز و بسته شونده موقت (داربست) در اجزای بناهای سنگین (سنگی، خشتی و آجری) به کار گرفته شد؛ یعنی برای بنای یک ساختمان از دو سازه موقت و دائمی استفاده می‌شد که هزینه ساختمان را بسیار بالا می‌برد.

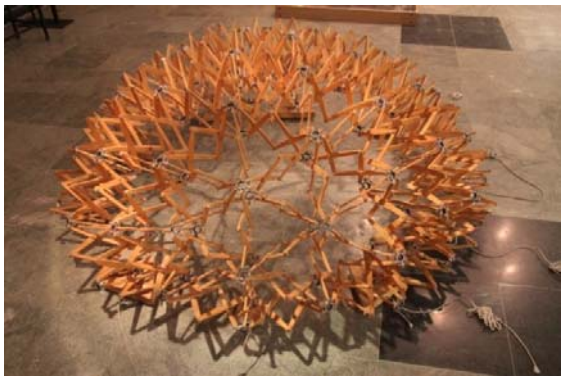
امروزه فن‌آوری‌های نوین به ما امکان می‌دهد تا سازه‌های دائمی را به شکل سازه‌های موقت و داربستی بنا کنیم یعنی به همان سرعت و با سر هم کردن قطعات و مجموعه‌هایی که باز و بسته می‌شوند، سازه دائمی بناشده، پوشش نهایی بر روی همین سازه نصب شود. شایان‌ذکر است که سازه باز و بسته شونده با سازه پیش‌ساخته تفاوت دارد. به آن معنی که در همه ساختمان‌ها، نوعی پیش ساختگی به کار می رود. برای مثال مصالح فولادی در ساختمان تولید نمی‌شود بلکه به اشکال و مقاطع مختلف از پیش‌ساخته شده به محل ساختمان منتقل می‌شود. البته یک سازه باز و بسته شونده هم از این قاعده مستثنا نیست، با این تفاوت که کل سازه بنا در کارخانه کاملاً سرهم شده و سپس به منظور حمل و نقل به کارگاه، به ترتیبی (با باز کردن بعضی از اتصالات یا برداشتن بعضی از قطعات سازه به نحوه موقت قابلیت تا شدن و جمع شدن می‌یابد) به اصطلاح باد آن خالی‌شده و سازه، شکل متراکم و جمع و جوری می‌یابد تا بعد در محل ساختمان یکپارچه چون گلی باز و گسترده شود و سازه کل ساختمان را یک جا به دست دهد.

"سازه‌های باز و بسته شونده" با قابلیت تغییر، فضاهای پویا و متنوعی را به وجود می‌آورند و نور و هوا را در خود به گونه‌ای پویا جاری می‌سازند. سهولت و دقت در اجرا، حمل‌ونقل آسان و قابلیت دائمی شدن از ویژگی‌های بارز این دسته از سازه‌هاست که کاربرد آن‌ها را در پروژه‌های مربوط به اسکان موقت قابل طرح و ممکن می‌سازد، ویژگی که برای کشورمان ایران بسیار حائز اهمیت است .با توجه به گستردگی موضوع و پیچیدگی روابط ریاضی مرتبط، هر یک از انواع سازه‌های باز و بسته شونده به طور جداگانه مورد تحقیق قرار گرفت و روابط به دست آمده از تحقیق به صورت مدل هایی ساخته و ارائه گردید.

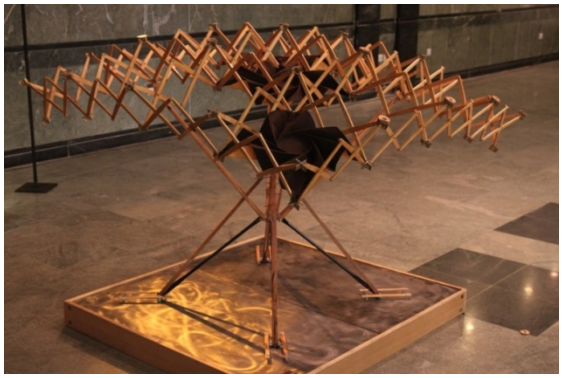
با توجه به پژوهش گسترده و جامعی که در خصوص سازه‌های باز و بسته شونده انجام شد و همچنین با توجه به در اختیار قرار گرفتن روابط ریاضی پیچیده مربوط به حرکت در انواع سازه‌های باز و بسته شونده و با عنایت به شرایط خاص کشورمان ایران از نظر بلایای طبیعی و همین طور قابلیت‌هایی که سازه‌های سبک و قابل‌حمل باز و بسته شونده می‌توانند در راستای اسکان موقت در اختیار بگذارند، در ادامه پروژه پژوهشی "سازه متحرک اسکان موقت – دائم" به طور جدی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.



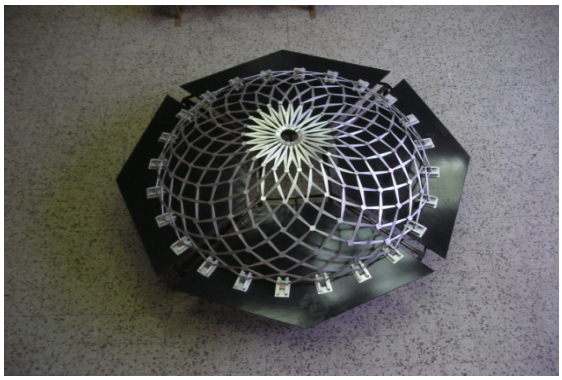
ت ٤. مدل باز و بسته شونده چوبی- پارتیشن S (سه تیپ قطعه و اتصال).



ت ٥. مدل باز و بسته شونده چوبی – نیم کره (پنج تیپ قطعه و اتصال).



ت ٦. مدل باز و بسته شونده چوبی- چتر (یک تیپ قطعه و اتصال).



ت ۷. گنبد آلومینیومی ایریس (گنبد لاملا متشکل از شش تیپ قطعه و اتصال).

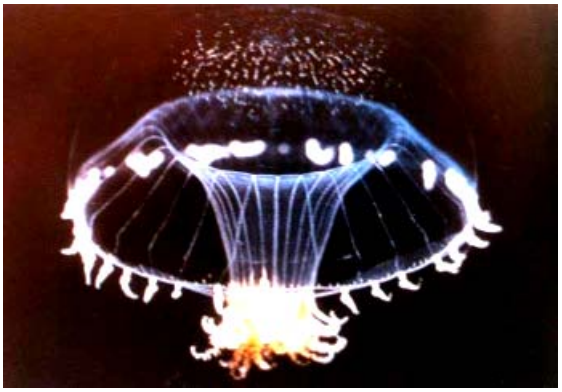
پروژه پژوهشی "سازه متحرک و اسکان موقت – دائم" با مطالعه انواع و پیشینه سازه‌های باز و بسته شونده و بررسی مکانیزم‌ها و روابط ریاضی مربوط به نظام قیچی آغاز گردیده و پس از مشخص شدن هندسه و روابط مربوط به سازوکارهای باز و بسته شونده و از میان انواع سازه‌ها، سازه گنبد ژئودزیک باز و بسته شونده به عنوان سازه متحرک قابل بررسی و ساخت جهت ایجاد سرپناه موقت و در ادامه تبدیل آن به بنای دائم جهت زندگی برگزیده شد .پروژه تحقیقاتی فوق در نهایت با ساخت گنبد ژئودزیک باز و بسته شونده به دهانه شش متر تکمیل و به پایان رسید.

ت ۸. گنبد ژئودزیک باز و بسته شونده به‌قطر شش متر- دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۸٦).

الگوبرداری از طبیعت-"باربری‌های لایه‌ای"

در ادامه آشنایی با فرم‌ها و کشف و درک نحوه شکل‌گیری و عمل فرم‌های طبیعی و سازوکارهای موجود در طبیعت، باربری لایه‌ای مورد دقت و توجه قرار گرفت. به طوری که قبلاً اشاره شد طبیعت، مکانیزم باربری شگفت‌انگیز لایه‌ای دارد و فرم‌ها همواره در تمامی مراحل رشد، تحت تأثیر نیروها و بارهای موثر بر آن‌ها شکل می‌گیرند و به این ترتیب پوسته، غشا، کش بست و ساختارهای سبک و فضاکار به صورت طبیعی به وجود می‌آید.

ت ۹. گنبد ژئودزیک باز و بسته شونده به‌قطر شش متر- دانشگاه تهران(۱۳۸٦).



ت ۱۰. انواع پوسته و غشاء در طبیعت.

پوسته و غشای نوین در واقع از جمله سازه‌هایی هستند که در این دسته‌بندی یعنی باربری لایه‌ای قرار می‌گیرند. غشای نوین بر پایه سطوح کاملاً کشیده و به اصطلاح مینیمم شکل می‌یابد که در اواسط قرن بیستم توسط "فرای اوتو" مهندس معمار آلمانی مورد دقت و توجه قرار گرفت و امروز از جمله سیستم‌های ساختمانی متداول و مورد توجه مهندسین معمار به حساب می‌آید.

ت ۱۱. گنبد مقوایی به‌قطر شش متر،متشکل از صفحات تاشو وگیره- دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۸٦).

به منظور مطالعه و آشنایی بیشتر با این دسته از سازه‌های پژوهشی تحت عنوان" سطح مینیمم" در دستور کار تحقیقات قرار گرفت تا ضمن آشنایی با ویژگی‌های غشای نازک، همین طور روش‌های تجربی و الگو یابی این دسته سازه‌ها، تمامی مراحل شکل‌گیری و طراحی و ساخت یک اثر غشایی مورد مطالعه به نمایش گذاشته شود.

به علت نبود امکانات و روش‌های طراحی و محاسباتی رایانه‌ای که امروز در اختیار است تا مدت‌ها فرم این دسته سازه‌ها بر اساس روش‌های تقریبی – تجربی و مدل‌سازی و برداشت از مدل‌های کف صابونی به دست می‌آمد .قرن‌هاست که ریاضی‌دانان برای تجسم

لبه‌های سطوح مشتقاتی (سطوح مینیمم) از روشی به نام سطح کشیده شده توسط کف صابون بهره می‌گیرند .در واقع کف صابون به دلیل برخورداری از خاصیت کشش سطحی و ضخامت یکدست و وزن ناچیز، سطح مینیمم بین تکیه‌گاه‌ها را بلافاصله آشکار می‌سازد .به همین دلیل در تجسم سطوح کاملاً کشیده شده غشایی کاربرد مؤثر و فراوان دارد.

ت ۱۲. مدل غشای نازک (۱/۲ مقیاس از متقال).

ت ۱۳. سازه کش بستی ازپارچه پولی استر با روکش PVC کابل ها ومهارکش ها و لوله ها از جنس استیل با اتصالات تراشکاری و آبکاری شده (دانشگاه تهران۱۳۸۸).

در این پژوهش فرمولاسیون مایعی همانند مایع صابون با مانایی قابل‌توجه (بیش از یک هفته) کشف شد. با استفاده از مایع مذکور و مدل فلزی کوچک از سازه اصلی، مدل سطح کشیده شده کف صابونی از سازه اصلی به دست آمد.

در واقع در این قسمت از پژوهش ضمن مرور روش‌های تقریبی و قدیمی فرم یابی این دسته سازه‌ها که از طریق ساخت مدل‌های تجربی در چندین مقیاس (۱/۱۰، ۱/۲ و...) صورت پذیرفت، با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای که امروز موجود است مدل سه بعدی فرم دقیق و شکل کشیده نهایی و همین طور برش‌های لازمه غشا برای دوخت و ساخت نمونه مورد نظر ممکن شد.

طراحی و ساخت غشا به دلیل در بر گرفتن پژوهش های گوناگون و کار و صناعت با مواد و مصالح متنوع، همین طور تخصص‌ها و فن‌آوری‌های به‌روز پروژه پژوهشی متنوع و بسیار پیچیده تلقی می‌شود و از اهمیت و جایگاه پژوهشی ویژه‌ای برخوردار است.

کشف فرمولاسیون مایع کف صابونی با ویژگی مانایی قابل‌توجه، طراحی و ساخت سازه فضایی کش بستی متشکل از لوله‌های استیل با سر لوله‌های تراشکاری شده، همین طور استفاده از برش لیزری در ساخت اتصالات و طراحی و ساخت کابل‌ها و مهار کش‌های از جنس استیل، بهره‌برداری از فرآیند آبکاری قطعات فولادی و استفاده از آخرین فن‌آوری‌ها و برنامه‌های رایانه‌ای مربوط به محاسبات، طراحی، دوخت و ساخت غشای مخصوص از جنس پلی‌استر با روکش PVC از جمله مشخصات و ویژگی‌های بارز پژوهش مذکور بوده و به همین دلیل این پژوهش نسبت به دیگر پژوهش‌های انجام‌شده جامع تر و در مرتبه عالی‌تر قرار می‌گیرد.

چرخه زیست‌محیطی-" بازیافت"

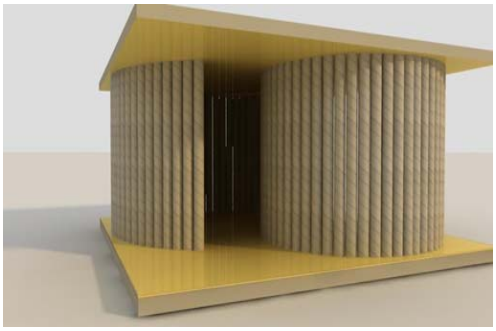
در طبیعت زباله مفهومی ندارد و همه چیز در یک چرخه زیست‌محیطی قرارگرفته و به دفعات و اشکال مختلف مورد بهره‌وری و استفاده مجدد قرار می‌گیرد. موضوع اخیر به ویژه با توجه به سهم تقریبی ۵۰٪ مصرف انرژی، آب، مصالح و زمین‌های کشاورزی توسط صنعت ساختمان و همین طور نقش آلایندگی زیست محیطی صنعت مذکور، اهمیت ویژه می‌یابد.

بر اساس این تفکر و بر مبنای الگوبرداری از طبیعت و ویژگی بازیافت چرخه زیست‌محیطی پروژه پژوهشی خانه کاغذی با استفاده از مقوای بازیافتی و نئوپان و خرده چوب و کنف شکل گرفت. قابل‌توجه این که موضوع خانه کاغذی بازیافتی و ارزان‌قیمت برای اولین بار توسط "شیگروبان" معمار معروف ژاپنی برای زلزله‌زدگان ترکیه و ژاپن مطرح گردید و ساخته شد.

ت ۱۴. چرخه زیست محیطی- "باز یافت" برای مثال تقریباً برای تولید یک تن سیمان در حدود یک تن CO_2 که عامل عمده گرمایش زیست کره و از بین رفتن لایه اُزون است تولید می‌شود.

Global Resources		Global Pollution	
Resource	**Building use**	**Pollution**	**Building related**
Energy	50%	Air quality (cities)	24%
Water	42%	Global warming gases	50%
Materials (by bulk)	50%	Drinking water pollution	40%
Agricultural land loss	48%	Landfill waste	20%
Coral reef destruction	50% (indirect)	CFCs/HCFCs	50%

ت ۱۵. صنعت ساختمان با مصرف ۵۰٪ از منابع طبیعی و انرژی موجب از بین رفتن نیمی از زمین های کشاورزی است و سهم قابل ملاحظه و به‌سزایی در آلوده سازی محیط زیست دارد.

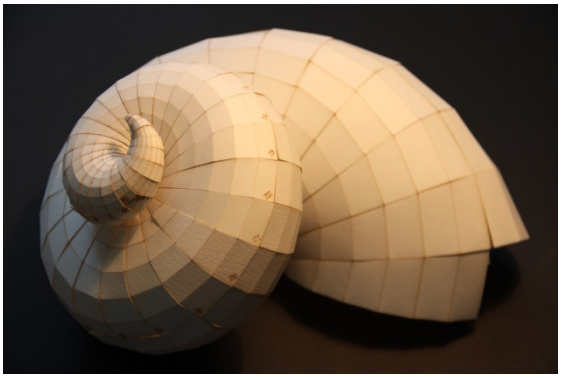


ت ۱۶. خانه کاغذی (۱۳۸۹)- تمام مصالح به کـار رفتـه باز یافتی است (لوله هاوصفحات پوششی از مقوا،کـف از نئوپان و چوب،اتصالات از نخ کنف و گیره).

ت ۱۷. الگوبرداری از ساختار درختان و اسـکلت جـانوران در بهینه سازی باربری‌ها و به‌طور کلی رفتار سـازه‌ای(الگـو برداری از طبیعت و طرح پیشنهادی ماشین مرسدس بنز).

فرم‌های پیچیده طبیعی-"هندسه پنهان"

ساختارهای پیچیده و گوناگون طبیعی همواره الهام بخش طراحان و معماران بوده اسـت .شـناخت، درک و بهره‌گیری از فرم‌هـا و سـاختارهای طبیعـی و مکـانیزم پویای آن‌ها به معماران کمک کرده تا طرح‌هایی جذاب، پرمعنا و انسانی خلق کنند .پیشرفت‌های معاصر در علوم رایانه‌ای از یک سو منجـر بـه درک و شـناخت بهتـر و عمیق تری از طبیعت گشته و از سوی دیگر بر سـاختار بناها و شهرها تأثیرگـذار بـوده اسـت .ابـزار دیجیتـالی امروزی، نه تنها مصـالح و تکنولـوژی‌هـای سـاخت را تغییر داده‌اند بلکه سـاخت فـرم‌هـای بسـیار پیچیـده و هوشمند را نیز ممکن ساخته‌اند.

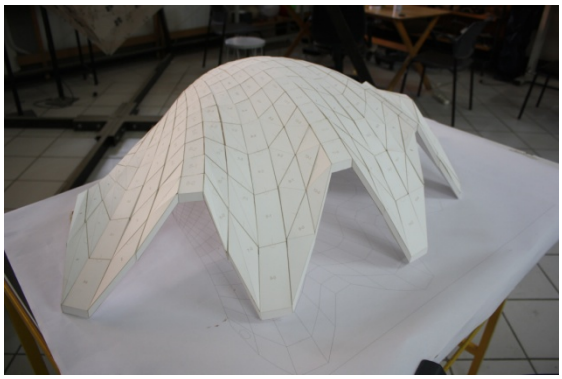


ت ۱۸. فرم پیچیده حلزون که پـس ازبرنامـه نویسـی و برش و سر هم سازی قطعات به‌دست آمده است.

از جمله ابزار کارآمدی کـه امـروزه طراحـان را در تجسم، طراحی و ساخت فـرم‌هـای پیچیـده و بـدیع بـا الگوهای طبیعی یاری مـی‌کننـد نـرم‌افزارهـای رایانـه‌ای هوشمند است .نرم‌افـزار گـراس هـاپر "Grasshopper" یکی از این برنامه‌هاست و بـه همـین خـاطر آشـنایی بـا برنامه مذکور و استفاده از آن به دلیل قابلیت و کارایی آن جزو ضروریات آموزش معماری و دانشکده‌های معماری

به حساب می‌آید .از این روست که پروژه گراس هاپر به عنوان پژوهش هنر مهندسی در دستور کار قرار گرفت. پروژه تحقیقاتی که منجر به ساخت یک کفه از صدف دو کفه‌ای به عنوان غرفه نمایشگاهی گردید .بنای غرفه اصلی به ابعاد 6mx8mx2.4m از جنس مقوا کارتن، پس از ساخت مدل‌های متعدد با مقیاس ۱۰/۱ و حصول اطمینان از درستی نتایج تحقیق در هال دانشکده معماری و شهرسازی اتفاق افتاد. در ساخت صدف مذکور از هزار متر پلات، دویست قطعه مقوا کارتن سه لایه به ابعاد 1.8mx1.6mو هزار گیره کاغذی استفاده شد.

ت ۱۹. مدل مقوایی یک کفه از صدف دو کفه‌ای (مقیاس ۱/۱)،در ساخت و بر پایی صدف از هزار متر پلات و هزار گیره کاغذ استفاده شد.



ت ۲۰. مدل مقوایی یک کفه از صدف دو کفه ای (مقیاس ۱/۱)، در ساخت و بر پایی صدف از هزار متر پلات و هزار گیره کاغذ استفاده شد.

جمع‌بندی

پروژه تحقیقاتی"هنر مهندسی و الهام از طبیعت" ابتدا با شناخت بعضی مفاهیم، ویژگی‌ها و به اصطلاح زبان طبیعت از طریق ساخت مکانیزم‌ها و نمونه‌های ساده آغاز گردید. سپس در اولین مرحله الگوبرداری توجه به حرکت معطوف گردید و پس از ساخت انواع سازوکارهای متحرک و باز و بسته شونده و دستیابی به روابط ریاضی مربوطه، گنبد ژئودزیک باز و بسته شونده به قطر شش متر بنا گردید. پروژه مذکور به جهت حل روابط پیچیده ریاضی مربوط به انواع سازه‌های باز و بسته شونده و همین طور بهره‌گیری از مهندسین سازه و مکانیک و مواد و صناعت صنعتگران و خودروسازان از جایگاه ویژه پژوهشی برخوردار است.

طبیعت لایه‌ای مواد و مصالح طبیعی و باربری لایه‌ای در طبیعت منجر به ساخت دو پروژه یعنی گنبد مقوایی با صفحات تا شو به قطر شش متر (پوسته‌ای از مقوا کارتن) و همین طور غشای معلق (سازه کش بستی) به دهانه پنج متر گردید که همان طور که قبلاً اشاره شد در هر دو پروژه تحقیقاتی، برای بررسی چالش‌های علمی مراتب عالی‌تر یافته، از نرم‌افزارهای رایانه‌ای و ماشین‌های تولید و ابزار مکانیکی ویژه طراحی‌شده توسط گروه تحقیق استفاده شد.

پروژه تحقیقاتی خانه کاغذی در واقع با توجه به بازیافت بودن مصالح در چرخه زیست‌محیطی و الهام از طبیعت شکل گرفت. ساخت فضای مسکونی به طور کامل از مصالح بازیافتی، چالش عمده این پژوهش بوده است که با توجه به سهم قابل‌ملاحظه صنعت ساختمان در مصرف انرژی و تولید زباله و تنوع آلاینده‌های ناشی از آن نتایج قابل‌توجه و ارزشمندی در اختیار قرار داد.

آخرین مرحله از الگوبرداری‌ها به موضوع اساسی و مهم کشف هندسه پنهان فرم‌های طبیعی و طراحی و

ساخت یک کفه از صدف دو کفه‌ای اختصاص یافت. برای طراحی و تولید مدل سه بعدی صدف می‌بایست برنامه‌نویسی شده و هندسه تک‌تک سلول‌های سه بعدی سازنده صدف که همگی به کلی با یکدیگر متفاوت بودند، مشخص و کنترل می‌شد. در واقع مطالعات و تجربه دو دهه پژوهش و الگوبرداری از طبیعت با طراحی و ساخت و بر پایی صدف مذکور به ثمر نشست و تمام ظرفیت‌های علمی و توان اجرایی دو دهه پژوهشی به‌کار گرفته شد تا برای اولین بار در تاریخ معماری کشور هندسه پنهان فرم طبیعی در مقیاس واقعی، قابل ساخت گشته و فضای داخلی آن تجربه شود.

منابع

- مشایخ فریدنی، سعید. صفه ۲۷ . سال هشتم، پاییز زمستان۱۳۷۷ دانشکده معماری و شهرسازی.

- زیرک، بابک؛ علیزاده، هانیه؛ گنجی، محمود. نما یشگاه هنر مهندسی. معمار ٦٠. اندیشه و هنر معماری،ساخت و صنعت و شهرسازی. فروردین و اردیبهشت۱۳۸۹.

- مشایخ فریدنی، سعید. هندسه، فرم، معماری. آشنایی با برنامهGrasshopper. آرمان شهر۱۳۹۲.

- Benyus, Janine (1997), *Biomimicry, Innovation ,Inspiration by Nature* ,William Morrow
- Berger, Horst (2005), *Light Structures*-The Structure of Light-Author House
-Colin, Faber (1963), *Felix Candela :The shell Builder*, Architectural Press
- Glaeser, Ludwig (1972) *The Work of Frei Otto*, Museum of Modern Arts
- Ganz, Deborah-Kuz, Zehra(2003), *The organic approach to architecture*, Wiley, Academy
-Edwards Brian-Plessis Chrisna (2003), *Snakes in Utopia*, Architectural Design Vol.71 No.4 July 2001 –Wiley-Academy
-H. Pottman . A. asperl . M. Hofer .A. kilan .D. Bentley (2007), *Architectural Geometry*, Bentley Institute Press
- Kronenburg, Robert (1995), *House in Motion*, Academy Editions
- Sheppard, R., Threadgill, R., Holms, J. (1974) , *Paper Houses*. Schocken Books-New York
- Kenner, Hugh (2003), *Geodesic Math and How to use it*. University of California Press
-Frei, Otto- Rasch, Bodo(1995), Finding Form. Edition Axel Menges