تحلیلِ انرژی و میزان کارآمدی یک نمونه نمای متحرک در شهر تهران

معصومه تراز[1]، کتایون تقی‌زا[2]، مهرداد عزیزی قهرودی[3]

چکیده

عناصر ساختمانی هریک به خودی خود (در درون خود) و همچنین با سایر اجزای ساختمانی مرتبط اند، یعنی کارکرد هریک بر نوع کارکرد دیگری تأثیرگذار است. امروزه با وجود بحران انرژی و هزینه های بسیار بالای تأمین سوخت، گرایش به سمت تکنولوژی هایی که منجر به صرفه جویی در مصرف و در نتیجه تولید دی اکسیدکربن می شود، افزایش یافته است. پژوهش حاضر با استفاده از روش تجربی همراه با بهره‌گیری از شبیه‌سازی و مدل‌سازی سعی در استفاده از تکنولوژی موجود برای پیاده‌سازی هدف کاهش مصرف انرژی در ساختمان دارد. در این روند با استفاده از مشاهدات تجربی حاصل از ساخت ماکت های بی شمار و مدل سازی آن ها در نرم افزارهایی مانند راینو و افزونه گرس هاپر، و در نهایت آنالیز حرارتی و برودتی آن ها در افزونه دیوا، تکنولوژی موجود در کشور برای طراحی یک نمای کاربردی با چندین ویژگی به‌کار گرفته شد. نتیجه به‌دست آمده مؤیّد این مطلب است که با استفاده از این سیستم مدولار در نمای ساختمان، امکان کنترل هوشمند نور ورودی به‌داخل ساختمان براساس تغییر فصول امکان‌پذیر است و همچنین می‌توان در میزان بهره‌وری از انرژی مصرفی برای ساختمان صرفه جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی، مکانیسم های متحرک، نمای متحرک، تحلیل انرژی.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۵

۱- کارشناس ارشد فن‌آوری معماری دانشگاه تهران، تهران، ایران. Ms.taraz@yahoo.com
۲ - دانشیار دانشکده معماری دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسوول) ktaghizad@ut.ac.ir
۳- کارشناس ارشد معماری دانشگاه آزاد واحد تهران غرب، تهران ایران. info@azizimehrdad.com

۱. مقدمه

۱-۱. بیان مسئله

معماری متحرک یا پویا به لحاظ کاربردی، مفهومی نوین از کیفیت طراحی ساختمان‌ها می‌باشد. به‌گونه‌ای که در عین حفظ تمامیت ساختاری، بخش قابل توجهی از آن قادر به حرکت است. قابلیت تحرک ساختمان‌ها علاوه بر پاسخگویی به شرایط محیطی، بر زیبایی بنا می‌افزاید. بدین ترتیب ساختار، دارای عملکردی خواهد بود که از یک سازه ایستا و ساکن به‌دوراست.

نوع بروز حرکت در هریک از عناصر مختلف معماری به روش‌های متفاوتی صورت می‌پذیرد. این هدف، یعنی متحرک‌سازی بخشی از ساختمان، در وهله اول: با دانستن اصول حرکت و قوانین حاکم بر آن، و در وهله دوم: با شناخت ابزارهای لازم برای کاربست این اصول امکان‌پذیر می‌باشد. یکی از عناصر معماری ساختمان که می‌تواند محل بروز این خصیصه باشد، نمای ساختمان است.

نمای ساختمان به‌عنوان جداره اصلی و ظاهری ساختمان و در حکم پوشش نهایی یک بنا محسوب می‌شود. این جداره در بردارنده عناصر مکمل دیگری است که همگی آنها در شکل دادن و پیکره بندی آن نقش به سزایی را ایفا می‌نمایند. هم اکنون نماهای متنوعی در سرتاسر شهرها به چشم می‌خورند که می‌توان برای هریک از آنها قابلیت‌های مثبت و منفی بی شماری را ذکر نمود، نماهای سراسر شیشه‌ای یا نماهایی مرکب از شیشه و سایر مصالح از این نوع هستند. اما مسئله‌ای که در برپایی همه انواع نماها مشترک است، علاوه بر زیبایی ظاهری ساختمان و هماهنگی با کالبد عمومی شهر، جلوگیری از نفوذ گرما در تابستان و همچنین سرمای زمستان است؛ و این کمترین انتظاری است که می‌توان از یک «نمای کاربردی» داشت. در سطحی بالاتر می‌توان توجه به مسئله کنترل نور طبیعی ورودی و گرمای جذب شده از طریق جداره‌های شیشه‌ای و غیرشیشه‌ای را نیز مدنظر قرار داد.

لازم به گفتن است که نماهای سرتاسر شیشه‌ای موجود در بسیاری از شهرها از جمله تهران .که البته با توجه به ویژگی‌های خاص کاربری و عملکردی با این مصالح پوشش یافته اند .با چالشی اساسی در کنترل نور ورودی از طریق این جداره‌ها مواجه هستند. بدین ترتیب که این جداره‌های وسیع شیشه‌ای در طی روزهای تابستانی سبب ورود میزان بسیار زیادی از نور و به دنبال آن، ورود گرمای خورشید به درون ساختمان می‌شوند. که نتیجه این امر چیزی جز تبدیل شدن جبهه حامل نمای شیشه‌ای به یک کوره گرمایی بزرگ نخواهد بود. در سایر نماهای غیرشیشه‌ای نیز دریافت حرارت خورشید و نفوذ آن به‌درون ساختمان در طی روز، نتیجه‌ای جز افزایش حرارت درونی بنا و در نتیجه افزایش هزینه سرمایشی بنا و تحمیل بار حرارتی مضاعف به محیط اطراف بنا نخواهد بود. در حقیقت هدف اصلی این پژوهش نیز معرفی نوعی از نما برای کاهش اثرات منفی ذکر شده در بالا می‌باشد که مسلما تأثیرات خود را در میزان هزینه اختصاص یافته به مسائل مربوط به تنظیم و تعدیل شرایط آسایشی در طولانی مدت برای کاربران فضا به همراه خواهد داشت. در ادامه به تبیین پرسش‌هایی پرداخته شده که در رابطه با پژوهش حاضر مطرح می‌گردند؛ چرا که پاسخگویی به این پرسش‌ها در پردازش سؤال پژوهش تأثیر به سزایی خواهد داشت.

۱-۲. سؤالات و روش تحقیق

پرسش‌هایی که در رابطه با پژوهش حاضر مطرح هستند و خود باعث شکل‌گیری ساختار این پژوهش می‌شوند، به شرح زیر است:

۱-۲-۱. آیا می‌توان نمای ساختمان را به‌عنوان یک جزء متحرک طراحی نمود؟

۱-۲-۲. مکانیسم‌های مطلوب برای طراحی یک نمای متحرک کدام هستند؟

روش پژوهش مورد استفاده در این تحقیق ترکیبی از روش تجربی همراه با بهره‌گیری از شبیه‌سازی و مدل‌سازی می‌باشد و روش جمع‌آوری اطلاعات استفاده از منابع کتابخانه‌ای است (groat, 2011, 334) (شکل ۱).

بدین ترتیب که پس از شناخت قوانین حرکتی و تحلیل آن‌ها و سپس آشنایی با انواع مکانیسم‌ها، براساس پژوهش تجربی نمونه‌هایی ساخته شد که در ادامه به مدل‌سازی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری الگوی نهایی منجر شد، در مرحله نهایی نیز آنالیزهای حرارتی برای آگاهی از میزان تأثیرگذاری نمای طراحی شده صورت پذیرفت (شکل ۱).

۱-۳. پیشینه مسئله

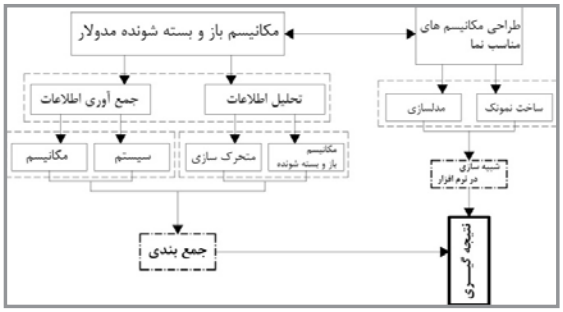
برپایی نماهای سرتاسر شیشه‌ای در ساختمان‌های اداری و حتی مسکونی، بسیار متداول است. چنین نماهایی نفوذ نور و گرمای زیاد در تابستان و سرما در زمستان را به‌همراه دارند. برای ساختمان‌های مسکونی نیز

استفاده از یک نمای شیشه‌ای سرتاسری در راه پله‌ها امری معمول محسوب می‌شود. چنین کاربرد وسیعی از شیشه، بدون افزودن تمهیداتی برای عایق‌بندی، منجر به عدم آسایش حرارتی در زمستان و تابستان می‌شود. بار حرارتی نفوذی به بنا در این شرایط سبب تحمیل هزینه بالایی برای تأمین شرایط سرمایشی و گرمایشی مساعد خواهد بود. دانش فنی پاسخگو به این مسئله استفاده از سایه‌بان‌های افقی و عمودی دائمی در نما است اما همانگونه که در سطح شهر دیده می‌شود به دلیل عدم همخوانی این سایه‌بان‌ها با بنا و یا عدم موفقیت صددرصدی این سایه‌بان‌ها و دلایلی جز این‌ها، استفاده از آن‌ها بسیار محدود و قابل صرف‌نظر است. راهکار دیگری که در برابر این مسئله لحاظ می‌گردد بهره‌گیری از شیشه‌های تیره رنگ است که البته برای کاهش نور تابستان مناسب به‌نظر می‌رسد اما سبب کاهش نور ورودی در زمستان می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان گفت که راهکارهای حال حاضر از انعطاف مناسب برای پاسخگویی به همه نیازها در آنِ واحد برخوردار نیستند. پس باید راهکار کاربردی دیگری ایجاد، اختراع، تولید و یا ارائه گردد.

۲. ادبیات موضوع

امروزه در گستره وسیع اطلاعات، پیشرفت واقعی با برخورداری از یک نگاهِ ترکیبی به‌وجود می‌آید. پایه و اساسی را که از تجمیع علوم متخصصان مختلف به‌وجود می‌آید «علم رابط علوم مختلف[1]» می‌نامند. پیدایش علوم رابط به نیمه دوم قرن بیستم مربوط می‌شود و به‌طور کلی برای آینده علوم از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. در حوزه علم رابط، از برخورد اندیشه‌ها شرایطی به‌وجود می‌آید که موجب پیشرفت کار می‌شود. مطالعاتی که از نظرهای به ظاهر گوناگون که در واقع به هم نزدیک‌اند آغاز می‌شود، با هم تلاقی می‌کنند و افکار تازه‌ای را برمی‌انگیزند. علوم تخصصی جنبه تحلیلی دارند و مجموعه‌هایی از دانش واقعی را تشکیل می‌دهند، حال آنکه علوم رابط ترکیبی‌اند و نمایشگر مفاهیمی هستند که آن واقعیت‌ها را به‌هم مربوط می‌کنند. با اینکه حوزهٔ پژوهش علمیِ یک متخصص با فزونی یافتنِ نظام تخصص محدود می‌شود ولی قلمروی علم رابط بر اثر برخورد با موضوعات نو وسیع‌تر می‌گردد. (gerardei, 1981).

در همین راستا، «ابداع» از پیوند دادن عوامل مختلفی به وجود می‌آید که قبلاً با هم ارتباطی نداشته‌اند و باید پیش از ارتباط دادنشان به‌وجود این عوامل پی‌برد. در



شکل۱: نمودار روش تحقیق و مکانیسم استنتاج، ماخذ: نگارندگان

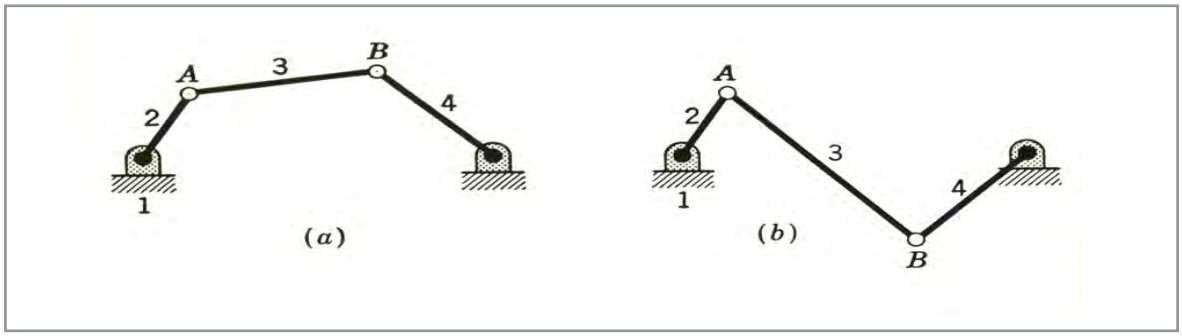
پژوهش حاضر، این ترکیب در دو حوزه فنی و هنریِ معماری و طراحی صنعتی رخ می‌دهد؛ که در ادامه، نحوه همراهی این دو شاخه از علم و ترکیب شدنشان تا دستیابی به یک محصول نهایی شرح داده می‌شود.

۱-۲. پیشینه گرایش به تحرک در معماری

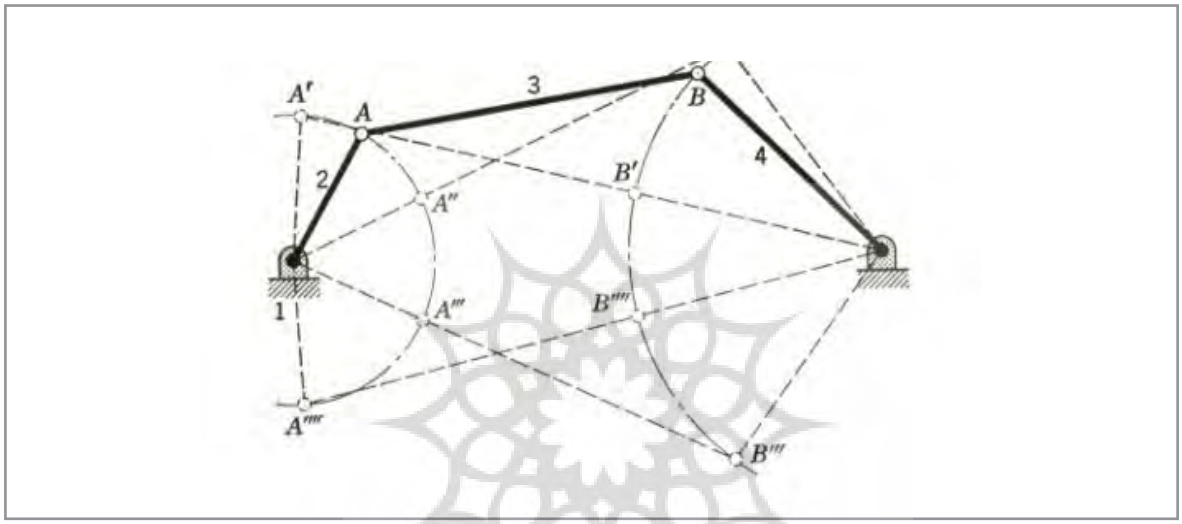
حرکت، مفهومی است که به‌وضوح می‌توان آثار آن را در همه جای کیهان مشاهده نمود، کیفیتی که به طرق مختلف در دست‌سازهای انسان به بروز کرده است. معماری نیز از این نصیب بی‌بهره نمانده و شاهد پدیداری مفهوم حرکت، گاه به‌صورت عینی و گاه به‌صورت ذهنی بوده است.

کاربرد عملی معماری متحرک در اواخر قرن بیستم با توسعه علومی چون مکانیک، الکترونیک و رباتیک که امکانات جدیدی را پیش‌روی معماری قرار داده‌اند، شدت یافت. اما این بدان معنا نیست که تفکر «تحرک‌پذیری» بی هیچ سابقه تاریخی و فقط در سال‌های اخیر مطرح شده باشد، بلکه تأثیر ابتدایی آن را می‌توان در پل‌های متحرک قرون وسطی و پیش از آن نیز مشاهده نمود. رومیان باستان نیز از ترکیب سازه‌های سایه‌بانی[2] در تعدادی از زمین‌های ورزشی خود استفاده می‌کردند (moore, 2003, 51).

در دهه‌های ابتدایی قرن ۲۰م، پویایی در معماری به‌طور کامل از دیدگاه نظری مطرح می‌شد، اما در سال ۱۹۷۰ ویلیام زوک[3] کتابی با عنوان معماری پویا منتشر نمود که الهام بخش نسل جدیدی از طراحان در فرایند خلق طیف گسترده‌ای از ساختمان‌های به‌طور حقیقی تغییرفرم‌پذیر قرار گرفت. از دهه ۸۰ به بعد، به یاری توسعه‌های صورت گرفته در رباتیک و مکانیک ساختمان‌های متحرک به‌طور فزاینده‌ای متداول شد (Zuk, 1970). اما این توسعه‌ها در سایر علوم و فنون نیز مورد استفاده قرار گرفت؛ به‌دیگر سخن، هر یک از علوم و فنون به اندازه ظرفیت و توان خود از پیشرفت‌های نوین بهره می‌بردند. یکی از این



شکل۲: مکانیسم چهارمیله‌ای: (1) اتصال ثابت، (2) بازوی محرک، (3) حلقه اتصال، (4) دنباله‌رو یا پیرو (مجیدی، 1391)



شکل۳: نمونه اتصال چهارمیله‌ای (مجیدی، 1391)

فنون طراحی صنعتی بود که در حقیقت مرهون دست یافته‌های نوین عرصه تکنولوژی می‌باشد.

۲-۲. مفاهیم پایه در طراحی صنعتی

مفاهیمی چون سامانه، سیستم و مکانیسم زمینه‌ساز حرکت در طراحی صنعتی می‌باشند. یک «سامانه» مجموعه‌ای از اجزاء و عناصر است که به‌گونه‌ای ویژه با هم هماهنگ شده و همکاری می‌کنند تا به یک هدف ویژه [در اینجا حرکت] دست یابند. سامانه‌ها انواع متفاوت و متنوعی دارند: سامانه ایستا، دینامیک و هموستاتیک.

۲-۲-۱. سیستم ایستا

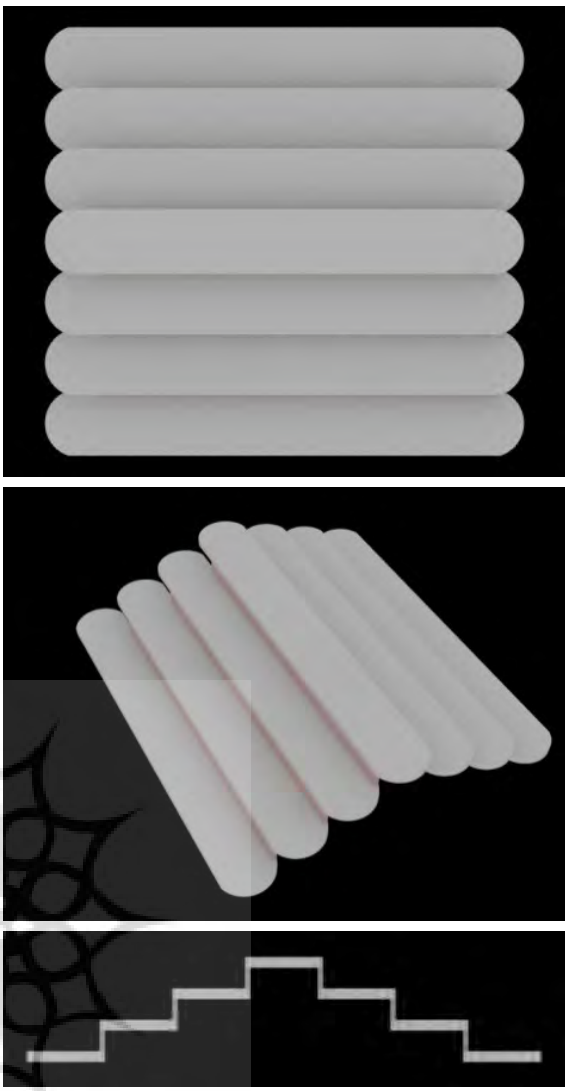
سامانه‌ای است که در مدت حیات خود دچار هیچ تغییر محسوسی نمی‌شود.

۲-۲-۲. سیستم دینامیک

سیستمی است که حالت آن در طول زمان تغییر می‌کند و به همین سبب در این سیستم مفهومی به نام «رویداد» وجود دارد.

۲-۲-۳ سیستم هوموستاتیک

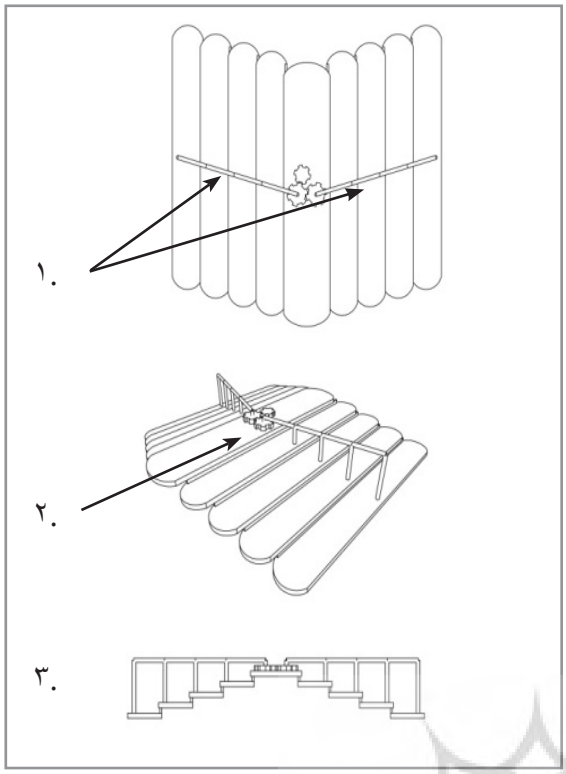
سیستمی استاتیک است که عناصر و محیط آن دینامیک باشد. این نوع سیستم، در برابر تغییراتی که در محیط آن به‌وجود می‌آید و نیز در برابر اختلال‌هایی که از درون بر آن وارد می‌شود واکنش نشان داده و این واکنش در برابر خنثی‌سازی تغییر است. به‌عنوان نمونه، می‌توان ساختمانی را در نظر آورد که دمای درون خود را در برابر تغییر دمای محیط ثابت نگه می‌دارد. بدن انسان نیز، که سعی دارد دمای درونی خود را بر میزان مشخصی ثابت نگه دارد، از این دیدگاه، یک سیستم هوموستاتیک است (Mahmoodinejad, 2011, 169).



شکل۴: مدول متشکل از صفحات موازی (1) و فضای منفی ایجاد شده در زیر آن (3) (نگارندگان، 1391)

۴-۲-۲. مکانیسم

علاوه بر مفهوم سامانه؛ «مکانیسم» ابزاری است که به‌وسیله تبدیل حرکت و نیروهای ورودی، به‌دسته‌ای از حرکت و نیروهای دلخواهِ خروجی، طراحی شده است. مکانیسم‌ها اغلب از اجزای متحرکی از قبیل چرخ دنده، تسمه، زنجیر، بادامک و مکانیسم‌های پیرو، اتصالات، مکانیسم‌های اصطکاکی مانند ترمز و کلاچ، و اجزای مکانیکی مانند قاب‌ها، بست‌ها یا اتصالات، یاتاقان‌ها، فنرها و جز این‌ها تشکیل یافته اند (Uicker, Pennock and Shigley, 2003). رولوکس[۴]، دانشمند آلمانی تعریفی مطابق زیر را برای مکانیسم ارائه نموده است: «مکانیسم، ترکیبی است از اجزای پایدارِ سازمان‌یافته که به‌وسیله ابزارهای خود، نیروهای مکانیکیِ طبیعت را به‌کار کردن

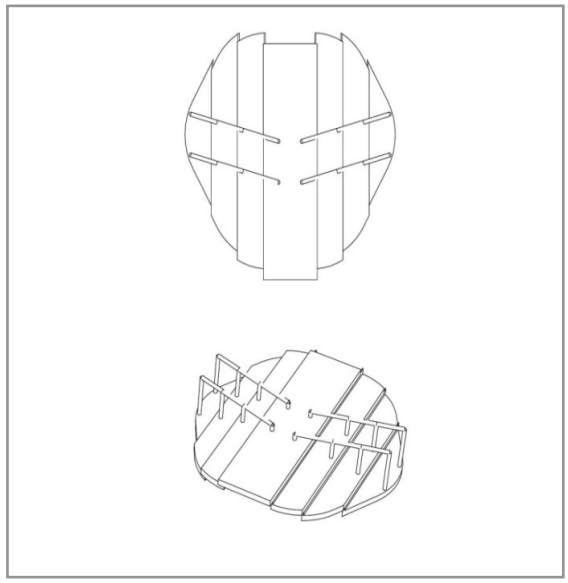


شکل۵: چهارنمای مدول (نگارندگان، 1391)

از طریقِ حرکتِ معینِ دقیقی وادار می‌سازند (Reuleaux, 1963, 187).

یک مکانیسم را می‌توان نوعی زنجیره جنبشی (سینماتیک) دانست که در یک حلقه ثابت شده باشد و این زنجیر اگر N حلقه داشته باشد قادر به ارائه N مکانیسم خواهد بود (Majidi, 2011). اغلب مکانیسم‌ها سال‌ها است که در خط تولید و حتی در برخی از اسباب و وسایل، مثل یک ترازوی دوکفه‌ای ساده یا یک ترمز لنتی اتومبیل به‌کار گرفته شده‌اند. این عمل، بدون دقت در طراحی و شناخت تک تک اعضای متشکله، امکان‌پذیر نیست و ممکن است که کوچکترین خطا در جایگزینی یا معرفیِ عضو یا مفصلی در کل سیستم یا مکانیسم ایجاد اختلال نماید (Artobolevski, 1998, 4). به‌طور مثال، دست، یک مکانیسم از نوع چهارمیله‌ای است؛ کتف، بازو، ساعد و کف دست. کتف، در حکم بازوی ثابت، بازو، در حکم بازوی متحرک، ساعد، در نقش بازوی اتصال دهنده و کف دست، در نقش بازوی پیرو می‌باشد (Majidi, 2011).

مکانیسم‌های بسیاری وجود دارد که می‌توان آن‌ها را بر اساس نوع عملکرد، به دسته‌های متعددی تقسیم کرد، از آن جمله: مکانیسم‌های ترازو، ترمز، کوپلینگ، مکانیسم‌های اهرم‌های تماس یابنده، مکانیسم‌های ایجادِ مکث، مکانیسم‌های نظم‌دهنده، مکانیسم‌های تولیدِ منحنی، مکانیسم‌های معکوس‌کننده،



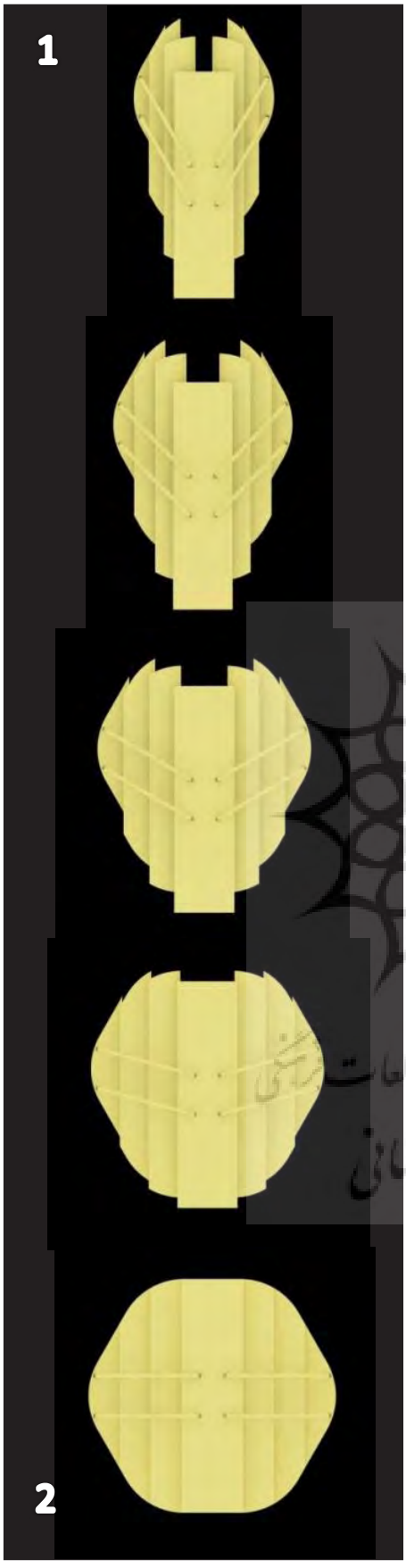
شکل۶: فرم اصلاح شده مدول (نگارندگان، 1391)

مکانیسم‌های انتخابگر، مکانیسم‌های کلید و جز این‌ها (Artobolevski, 1998, 11)، اما از این میان تنها سه مکانیسم در طراحی مورد نظر این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت که در ادامه به توضیح آن‌ها پرداخته می‌شود.

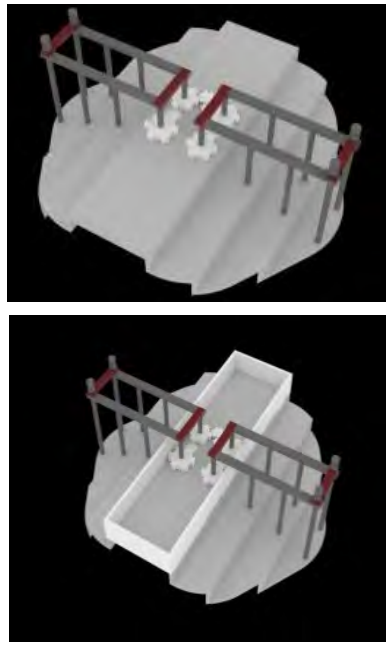
- **چرخ‌دنده:** انتقال چرخش بین چرخ‌های دندانه‌دار مرتبط، می‌تواند به مکانیسم یونانی Antikythera و چینی بازگردد.
- **بادامک‌ها:** بادامک و پیرو، اختصاصاً به‌وسیله ارتباط مستقیم دو عضو اتصالی فرمی ایجاد شده‌اند. عضو اتصالی که باعث ایجاد حرکت می‌گردد، بادامک نامیده می‌شود و عضو اتصالی که به‌حرکت واداشته می‌شود، پیرو نامیده می‌گردد. فرم سطوح ارتباطی بادامک و پیرو، شیوه حرکت مکانیسم را تعیین می‌کند.
- **مکانیسم‌های چهارمیله‌ای:** آسان‌ترین و کامل‌ترین زنجیره سینماتیکی دارای چهار اتصال می‌باشد. این مجموعه اتصال از اعضایی بدین شرح تشکیل شده‌است: اتصال ثابت (fixed link)، بازوی محرک (the driver)، حلقه اتصال (the connecting link)، دنباله‌رو یا پیرو (the follower).

مطابق شکل۲، بازوی محرک، حول مفصل اتصالی خود نوسان می‌کند، این حرکت، توسط حلقه اتصالی به دنباله‌رو یا پیرو منتقل شده و این عضو نیز وادار به حرکت نوسانی می‌شود.

در توصیف دقیق مکانیسم یک اتصال چهارمیله‌ای می‌توان به شکل ۳ اشاره نمود. این شکل، موردی را به نمایش می‌گذارد که هم محرک و هم دنباله‌رو فقط



شکل۷: فازهای حرکتی مدول طراحی شده (نگارندگان، 1391)

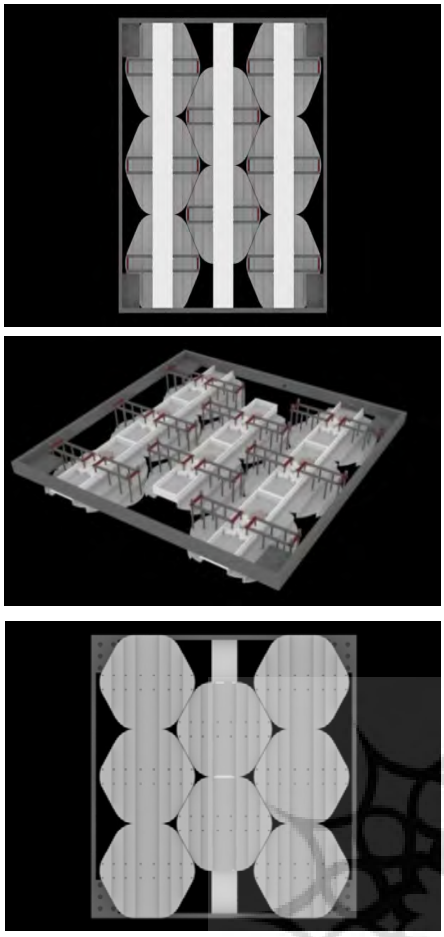


شکل۸: بخش‌های مکانیکی تعبیه‌شده در پشت یک مدول

می‌توانند نوسان داشته باشند. در این شکل، محدوده چهار فاز با خط‌چین نشان داده شده است. نقطه A می‌تواند از میان کمان A۱A۲A۳A۴ عبور کرده و به A۱ بازگردد، درحالی‌که B از میان کمان B۱B۲B۳B۴ عبور کرده و به B۱ ختم می‌شود. به‌وضوح مشخص است، هنگامی‌که A در نقاط A۱ یا A۴ واقع می‌شود اتصالات ۳ و ۴ در امتداد یک خط راست قرار گرفته‌اند، ضمناً به‌همین دلیل حلقه ۲ قادر به چرخیدن نخواهد بود، که بتواند متعاقباً اتصال ۴ را بچرخاند. به این‌گونه فازها، فازهای dead-center (مرکز بدون حرکت) گفته می‌شود. برای یک عملیات منظم کمان حرکت A باید از A۴A۱ کوچکتر باشد. اگر قرار باشد که حلقه ۴ را محرک فرض کنیم، در اینصورت فاز dead-center زمانی است که A در نقاط A۲ و A۴ قرار گرفته باشد.

۳-۲. ترکیب طراحی صنعتی و معماری

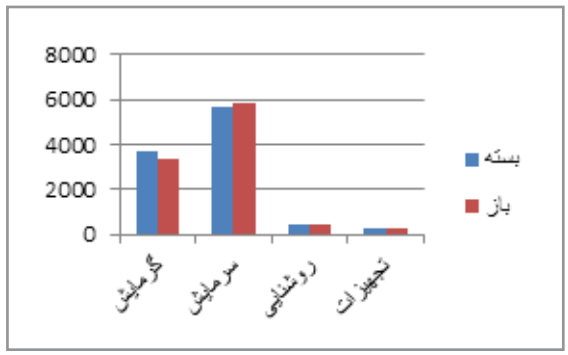
ترکیب مکانیزم‌های باز و بسته‌شونده و متحرک‌سازی از جمله ایده‌های نوینی است که در معماری امروز مطرح شده است. سامانه‌ها را می‌توان در ترکیب با بخش‌های مختلفی از ساختمان یا به‌عنوان بخشی از ساختمان به‌کار برد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به نماهای ساختمانی یا سقف‌های باز و بسته‌شونده اشاره کرد؛ در نمونه اول سامانه در ترکیب با یک جزء معماری یعنی نمای ساختمان و در نمونه دوم سامانه، خود، به‌عنوان بخشی از ساختمان ایفای نقش می‌کند؛ مانند آنچه که



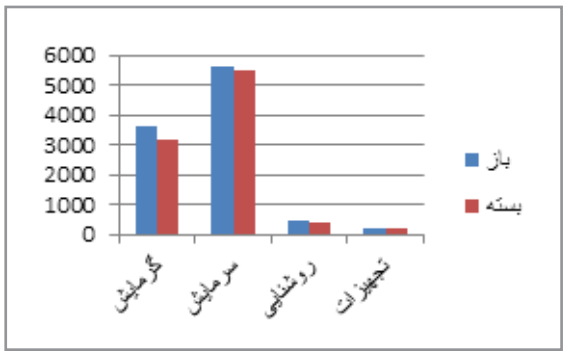
شکل۹: فرم گسترده نما (1) نمای پشت از سازه پشتیبان (2) امکان پوشش سازه پشتیبان با یک لایه فلزی یا پلاستیکی (3) (نگارندگان، 1391)

در ساختمان موزه هنر میلواکی اثر سانتیاگو کالاتراوا رخ داده است.

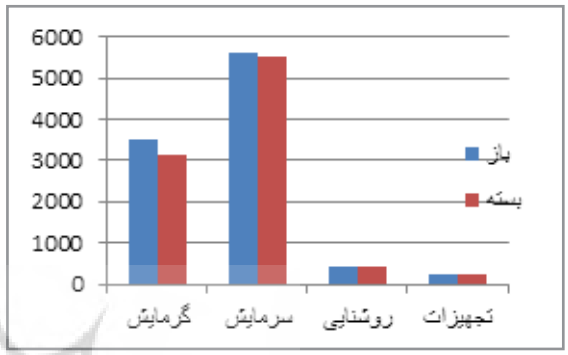
اما نکته مورد توجه در این پژوهش، بهره‌گیری از مکانیسم‌ها در نمای ساختمان و با در نظر گرفتن کلیه مسائل اجرایی و کالبدی است. رویکرد اصلی در این پژوهش ارائه مکانیسم باز و بسته‌شونده برای طراحی نمای متحرک مدولار لایه‌ای می‌باشد که بتواند علاوه بر پاسخگویی به نیازهای عملکردی ساختمان، راه‌حلی باشد برای افزایش کیفیت بصری نما در ساختمان. طراحی چنین مکانیسمی قابلیت طراحی به‌صورت مدولار، اتصال به هر نوع سازه (به دلیل برخورداری از سازه مستقل)، و به‌خصوص سبک‌سازی نمای ساختمان را نیز به همراه دارد که امروزه این امر یکی از چالش‌های پیش روی معماران در طراحی نما است.



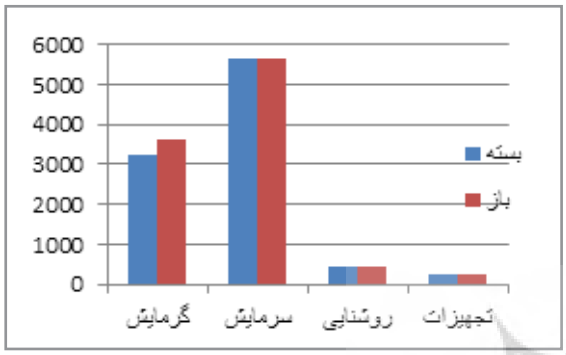
شکل ۱۰: نمودار مصرف انرژی در جبهه شمالی



شکل ۱۲: نمودار مصرف انرژی در جبهه شرقی



شکل ۱۱: نمودار مصرف انرژی در جبهه جنوبی



شکل ۱۳: نمودار مصرف انرژی در حالت غربی

۴-۲. مکانیزم پیشنهادی طراحی شده برای نمای معماری

۴-۲-۱. طراحی تک مدول

برخورداری هوا از خصیصه‌های یک عایق مناسب، حقیقتی انکارناپذیر است. پس اگر بتوان لایه‌ای از آن را در جداره ساختمان محبوس کرد می‌توان از این خصیصه بهره برد. آنچه در این پژوهش مد نظر قرار گرفته توجه به همین ویژگی منحصر به فرد و تلاش در طراحی نوعی از نمای متحرک است که هنگام نیاز هوا را محبوس و در هنگام مقتضی اجازه جریان یافتن آن را بدهد.

همچنین در نمای مورد نظر اصول اولیه‌ای همچون، سهولت در برپایی، سبک و مدولار بودن و برخورداری از یک مکانیسم متحرک‌ساز ساده به‌دلیل صددرصد کاربردی بودن آن مدّنظر قرار گرفت.

در نهایت مدل مورد نظر از تعدادی صفحه مسطح تشکیل گردید (شکل 4-1) که به فاصله‌ای معین از یکدیگر در راستای قائم قرار می‌گیرند (این فاصله عمودی قابل تغییر به منظور مناسب‌سازی برای اقلیم‌های مختلف می‌باشد شکل ۳-۲)، این فاصله سبب می‌شود تا میزانی هوا در میان این مدول‌ها و جداره خارجی ساختمان محبوس گردد و ساختمان در برابر سرمای زمستان محفوظ باشد (شکل۴-۳).

حرکت طراحی شده برای این صفحات، با هدف لغزیدن آن‌ها روی هم، حول یک محور مرکزی، و در نهایت جمع‌شدن و روی‌هم قرار گرفتن، بود. بنابراین همه صفحات به‌وسیله دومیله که هر صفحه را به صفحه اصلی متصل می‌کرد با هم اتصال یافتند (شکل 5-1). در ابتدای هریک از دو میله و روی صفحه اصلی یک چرخ‌دنده قرار دارد که با چرخ دنده متصل به محور موتور الکتریکی در تماس است (شکل ۵-۲). با چرخش موتور الکتریکی محور این چرخ دنده به حرکت درآمده و سایر چرخ دنده‌ها را نیز به حرکت وا می‌دارد (شکل ۵-۳).

این سیستم، مکانیسم پایه‌ای حرکت در ادامه روند طراحی درنظر گرفته شد. فرم ظاهری مدل نهایی به صورت یک شش ضلعی اصلاح شد به این دلیل که شش ضلعی از انعطاف بیشتری برای پوشاندن سطوح با هندسه مختلف برخوردار است. همچنین با ساخت نمونه‌هایی از مدل و بررسی حرکت آن‌ها این نتیجه حاصل شد که مکانیسم چهارمیله‌ای زمانی کامل محسوب می‌شود که در دو صفحه دربردارنده مدول و عمود بر مدول، تکمیل گردد؛ در غیر اینصورت به‌دلیل اتصال صفحات تنها در یک نقطه دچار لقی و عدم تعادل خواهند شد. این عمل به وسیله افزودن یک میله اتصالی در راستای صفحه مدول صورت پذیرفت (شکل ۶).

فازهای مختلف حرکتی بر این اساس مطابق با شکل‌های (شکل ۷-۱) از حالت باز تا (شکل ۷-۲) حالت بسته ارائه می‌شود.

۲-۴-۲. ترکیب مدول‌ها و برپایی نمای کلی روی جداره خارجی ساختمان

پیش از این ذکر شد که اعضای یک تک مدول با استفاده از چرخ دنده‌های متصل به یک موتور الکتریکی به نام سِروو موتور[۵] به تحرک در می‌آیند. پس به تعداد مدول‌ها سروو موتور پشت آن‌ها قرار می‌گیرد. بدین ترتیب حرکت صفحات از طریق موتورالکتریکی و در تبدیل حرکت چرخشی به حرکت چرخشی اتفاق می‌افتد[۶] (شکل ۸). در این روش کلیه قطعات مکانیکی مورد استفاده برای تحرک از قبیل چرخ دنده‌ها و موتور الکتریکی پشت یک ستون مرکزی که صفحه اصلی مدول بدان متصل است، تعبیه می‌گردد، که در حقیقت این ستون‌ها وظیفه حمل بار نما را نیز بر عهده دارند (شکل۹-۱ و ۹-۲ و۹-۳).

۳. بحث

پژوهش حاضر پس از طراحی تک مدول و روش برپایی مدول‌ها در کنار یکدیگر، به آنالیز حرارتی و برودتی نمای ساخته شده می‌پردازد، بدین ترتیب شبیه‌سازی برای یک اتاق با کاربری مسکونی انجام پذیرفت، اقلیم مورد مطالعه تهران درنظر گرفته شد. تعداد نفرات حاضر در اتاق به ازای هر متر مربع ۰/۰۴۳۱ نفر تعیین گردید. همچنین میزان بار روشنایی محیط و همچنین تجهیزات مورد استفاده در ساختمان به ترتیب برابر ۱۱/۷۴ و ۲/۹۶ وات بر متر مربع می‌باشد. همچنین یک سنسور کنترل روشنایی در مرکز اتاق و در ارتفاع ۸۰ سانتیمتری قرار گرفت تا با توجه به میزان نور وارده به اتاق سیستم روشنایی را کنترل نماید. این سنسور بر روی عدد ۲۰۰ لوکس تنظیم شد.

عرض اتاق ۳/۵ متر، عمق ۴ متر و ارتفاع اتاق ۳ متر در نظر گرفته شد. از میان چهار دیوار اتاق مورد مطالعه یک دیوار با محیط بیرون در تماس قرار گرفت که نمای متحرک بر روی آن نصب می‌شود. عرض این دیوار ۳/۵ متر و ارتفاع آن ۳ متر در نظر گرفته شد. سایر جداره‌ها به صورت بی‌درو فرض شده‌اند. به این ترتیب تنها اثر جداره‌ای که نمای متحرک بر روی آن قرار دارد مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در مرکز دیوار خارجی اتاق پنجره‌ای به‌طول ۲/۴ و ارتفاع ۱/۲ متر قرار گرفته است. در این شبیه‌سازی میزان نفوذ هوا ۰/۵ حجم در ساعت و میزان هوای تازه ورودی به ساختمان برابر ۰/۰۰۹۴۴ متر مکعب در ثانیه است.

جنس پنجره و نمای متحرک، شیشه ساده تک جداره به ضخامت ۶ میلیمتر فرض شده است. همچنین دیوار خارجی ساختمان از آجر به ضخامت ۳۰ سانتیمتر ساخته شده است که در سمت داخل به‌وسیله گچ به ضخامت ۵ سانتیمتر اندود شده است. لازم به توضیح است که این شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس صورت پذیرفته است.

برای مقایسه تأثیر پوشش نمای مورد بحث، عملیات شبیه‌سازی در دو حالت پوشش کامل نما (بسته) و حالتی که نما به‌صورت کامل باز شده است، در هریک از چهار جهت اصلی (شمال، جنوب، شرق و غرب) تکرار شد و در هر حالت میزان انرژی مصرفی سالانه به‌تفکیک مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج حاصل از این مقایسه در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

همانطور که در شکل۱۰ مشاهده می‌شود زمانی که نمای متحرک بر روی جبهه شمالی ساختمان قرار دارد، بسته بودن نما (پوشش کامل) در زمستان موجب افزایش بار گرمایشی ساختمان می‌شود اما در تابستان انرژی مصرفی سرمایش را کاهش می‌دهد؛ بنابراین بهتر است در تابستان نما در حالت بسته قرار گیرد و در زمستان گشوده شود. همانطور که ملاحظه می‌شود بسته بودن نما اندکی در افزایش بار سیستم روشنایی تأثیرگذار است.

برای جهت‌های جنوب و شرق ساختمان بهتر است نما هم در تابستان و هم در زمستان بسته باشد. همانگونه که در نمودارهای مربوط به این دو جبهه مشاهده می‌شود، بسته شدن نما در هر حالت موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد. اما این تأثیر در زمستان چشمگیرتر از تابستان می‌باشد (شکل‌های ۱۱ - ۱۲).

اگر نمای متحرک بر روی دیوار غربی ساختمان اجرا شود تنها در فصل زمستان می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را کاهش دهد. در مواقع گرم سال، باز بودن یا بسته بودن نما تأثیر محسوسی بر میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان نخواهد داشت. این موضوع را می‌توان در شکل ۱۳ به وضوح مشاهده نمود.

نتیجه‌گیری

نمای ساختمان از مهمترین بخش‌های یک کالبد معماری است؛ چراکه علاوه بر القای ماهیت زیبایی‌شناسانه به بنا و شهر در حیطه بزرگتری یعنی مصرف انرژی نیز نقش خواهد داشت. تمامی تلاش‌هایی که در جهت کاهش مصرف سوخت صورت می‌گیرند در نهایت به کاهش

تولید دی اکسیدکربن و گرم‌شدن زمین منجر می‌شوند. معماری نیز می‌تواند به‌سهم خود نقشی در راستای این سیاست همه جانبه ایفا کند.

در پژوهش حاضر مراحل ترکیب دو رشته مبتنی بر طراحی و فن‌آوری یعنی معماری و طراحی صنعتی معرفی گردیده و در یک پروژه کاملاً کاربردی به‌کار گرفته شد، در نهایت نیز آنالیزهای انرژی صورت پذیرفته، کارکرد نما را در وجوه مختلف ساختمانی بررسی و ارائه نمود (جدول ۱).

در نهایت می‌توان نقاط قوت نمای طراحی شده را این چنین جمع‌بندی کرد:

- کاهش میزان مصرف انرژی با انتخاب باز یا بسته بودن نما در شرایط آب و هوایی و فصول مختلف براساس نمودارهای آنالیز حرارتی،
- سادگی اجرا، سبکی، مدولار بودن و قابلیت نصب بر روی هرگونه ساختمان و جداره اعم از اداری و مسکونی
- امکان مدیریت هوشمند نما از طریق یک سامانه رایانه‌ای،
- امکان کنترل میزان نور و حرارت به داخل بنا با انتخاب حالت باز یا بسته نما در تابستان یا زمستان و شب یا روز،
- امکان کنترل نور ورودی به بنا در هنگام طلوع و غروب آفتاب در دو جبهه شرقی و غربی (به این سبب که نور تابشی در این دو مقطع زمانی از جمله نورهای نامطلوب است)،
- امکان تغییر کیفیت نور ورودی به بنا در طول روز و نور خروجی از بنا در شب (به سبب زیبایی)،
- امکان بهره‌گیری در سقف نورگیرها به‌عنوان سقف متحرک برای ایجاد تهویه طبیعی (که آنالیزهای مربوط به این بخش در مقاله دیگری در دست تهیه است).

امید است در کنار تمامی تلاش‌های ارزشمند در راستای پژوهش‌های بنیادین، اهتمام شایسته‌ای به پژوهش‌های کاربردی لحاظ گردد تا شاهد استفاده از فن‌آوری‌ها، تکنیک‌ها و روش‌های نو، و البته کارآمد برای عموم جامعه و در زندگی روزمره مردم باشیم.

پی نوشت‌ها

۱. شاید کاربرد واژه «میان‌رشته» از علم «رابط» گویاتر و رساتر باشد.

2. Vela

3. William Zuk

4. Reuleax.F

۵. نوعی موتور الکتریکی که با اتصال به یک برد الکتریکی قابلیت برنامه‌پذیری برای باز و بسته شدن تحت هر زاویه دلخواه را دارد.

۶. حرکت چرخشی سروموتور به حرکت چرخشی اعضای مدول منتقل می‌گردد.

فهرست منابع

Artobolevski Ivan (1998), Mechanisms in modern engineering design, Translated by : Mohsen nikbakht, javdan kherad press, tehran

Fuller Moore (2003), Understanding Structures, Translated by : Dr. Mahmood Golabchi, Tehran university press, tehran

Gerardin. Lucien (1981), La Bionique, Translated by : behzad mahmoodi- parviz ghavami, soroush press, tehran

Groat linda-wang david (2011), Architectural Research Methods, Dr. Ali Reza Eynifar, Tehran university press, tehran

http://www.adaptivebuildings.com/ -2014 07-09

http://www.dynamicarchitecture.net/ -2014 07-09

http://www.robotecture.com/ 07-09-2014

Mahmoodi nejad Hadi (2011), nature based architecture, tahan press, tehran

Majidi s. (2011), technical drawing, art university of Tehran, tehran

Reuleaux, F. (1963), the Kinematics of Machinery, New York

Uicker, J.J., G.R. Pennock, and J. E. Shigley (2003), Theory of Machines and Mechanisms, Oxford University Press, New York

Zuk, William and Clark, Roger H. (1970), Kinetic Architecture, Van Nostrand Reinhold