

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

معصومه تراز^۱، کتایون تقی‌زاد^۲، مهرداد عزیزی قهرودی^۳

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 هزینه‌های بسیار بالای تأمین سوخت، گرایش به سمت تکنولوژی‌هایی که منجر به صرفه جویی در مصرف و در نتیجه تولید دی اکسید کربن می‌شود، 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 ماکت‌های بی‌شمار و مدل‌سازی آن‌ها در نرم‌افزارهایی مانند راینو و افزونه گرس‌هایپر، در نهایت آنالیز حرارتی و برودتی آن‌ها در افزونه دیوا، تکنولوژی موجود در کشور برای طراحی یک نمای کاربردی با چندین ویژگی به‌کار گرفته شد. نتیجه به دست آمده مؤید این مطلب است که با استفاده از این سیستم مدولار در نمای ساختمان، امکان کنترل هوشمند نور ورودی به داخل ساختمان بر اساس تغییر فصول امکان پذیر است و همچنین می‌توان در میزان بهره‌وری از انرژی مصرفی برای ساختمان صرفه جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی، مکانیسم‌های متحرک، نمای متحرک، تحلیل انرژی.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۵

۵۵

شماره ۵-۲
تابستان ۱۳۹۴

فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

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

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، برزیبایی بنا می‌افزاید. بدین ترتیب ساختار، دارای عملکردی خواهد بود که از یک سازه ایستا و ساکن به دور است.

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 کاربری 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 بیکره بندی آن نقش به‌سزایی را ایفا می‌نمایند. هم‌اکنون نماهای متنوعی در سرتاسر شهرها به چشم می‌خورند که می‌توان برای هریک از آنها قابلیت‌های مثبت و منفی بی‌شماری 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 یافته‌اند. 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 به درون 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 خواهد بود. در حقیقت هدف اصلی این پژوهش نیز معرفی نوعی از نما برای کاهش اثرات منفی ذکر شده در بالا می‌باشد که مسلماً 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 به‌سزایی 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؟

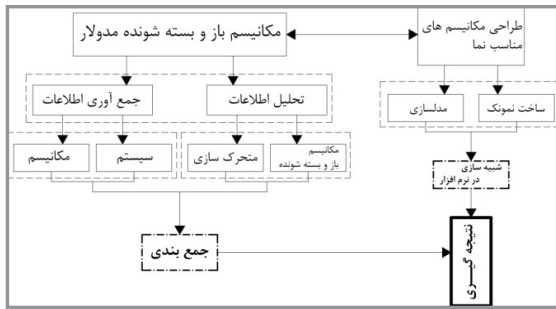
۱-۲-۲. مکانیسم‌های مطلوب برای طراحی یک نمای متحرک کدام هستند؟

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 به همراه دارند. برای ساختمان‌های مسکونی نیز



شکل ۱: نمودار روش تحقیق و مکانیسم استنتاج: ماخذ: نگارندگان

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

۱-۲. پیشینه گرایش به تحرک در معماری

حرکت، مفهومی است که به وضوح می توان آثار آن را در همه جای کیهان مشاهده نمود، کیفیتی که به طرق مختلف در دست سازهای انسان به بروز کرده است. معماری نیز از این نصیب بی بهره نمانده و شاهد پدیداری مفهوم حرکت، گاه به صورت عینی و گاه به صورت ذهنی بوده است.

کاربرد عملی معماری متحرک در اواخر قرن بیستم با توسعه علوم چون مکانیک، الکترونیک و رباتیک که امکانات جدیدی را پیش روی معماری قرار داده اند، شدت یافت. اما این بدان معنا نیست که تفکر «تحرک پذیری» بی هیچ سابقه تاریخی و فقط در سال های اخیر مطرح شده باشد، بلکه تأثیر ابتدایی آن را می توان در پل های متحرک قرون وسطی و پیش از آن نیز مشاهده نمود. رومیان باستان نیز از ترکیب سازه های سایه بانی^۲ در تعدادی از زمین های ورزشی خود استفاده می کردند (moore, 2003, 51).

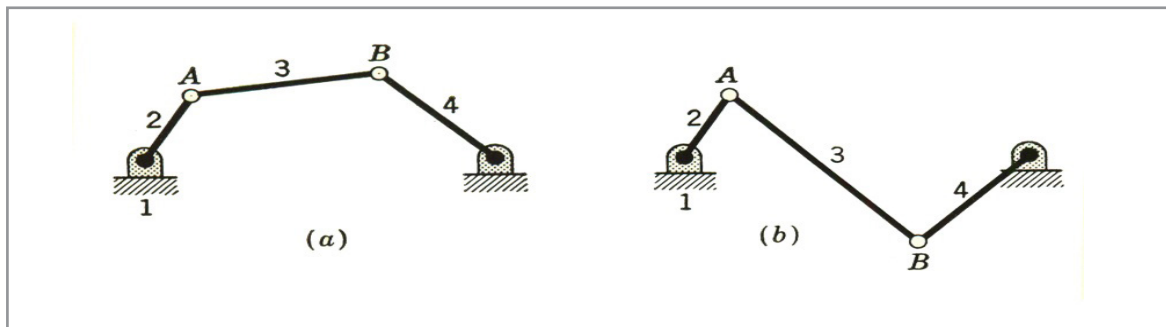
در دهه های ابتدایی قرن ۱۲۰ام، پویایی در معماری به طور کامل از دیدگاه نظری مطرح می شد، اما در سال ۱۹۷۰ ویلیام زوک^۳ کتابی با عنوان معماری پویا منتشر نمود که الهام بخش نسل جدیدی از طراحان در فرایند خلق طیف گسترده ای از ساختمان های به طور حقیقی تغییر فرم پذیر قرار گرفت. از دهه ۸۰ به بعد، به یاری توسعه های صورت گرفته در رباتیک و مکانیک ساختمان های متحرک به طور فزاینده ای متداول شد (Zuk, 1970). اما این توسعه ها در سایر علوم و فنون نیز مورد استفاده قرار گرفت؛ به دیگر سخن، هر یک از علوم و فنون به اندازه ظرفیت و توان خود از پیشرفت های نوین بهره می بردند. یکی از این

استفاده از یک نمای شیشه ای سرتاسری در راه پله ها امری معمول محسوب می شود. چنین کاربرد وسیعی از شیشه، بدون افزودن تمهیداتی برای عایق بندی، منجر به عدم آسایش حرارتی در زمستان و تابستان می شود. 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 سایه بان های افقی و عمودی دائمی در نما است اما همانگونه که در سطح شهر دیده می شود به دلیل عدم همخوانی این سایه بان ها با بنا و یا عدم موفقیت صد درصدی این سایه بان ها و دلایلی جز این ها، استفاده از آن ها بسیار محدود و قابل صرف نظر است. راهکار دیگری که در برابر این مسئله لحاظ می گردد بهره گیری از شیشه های تیره رنگ است که البته برای کاهش نور تابستان مناسب به نظر می رسد اما سبب کاهش نور ورودی در زمستان می شوند. بدین ترتیب می توان گفت که راهکارهای حال حاضر از انعطاف مناسب برای پاسخگویی به همه نیازها در آن واحد برخوردار نیستند. پس باید راهکار کاربردی دیگری ایجاد، اختراع، تولید و یا ارائه گردد.

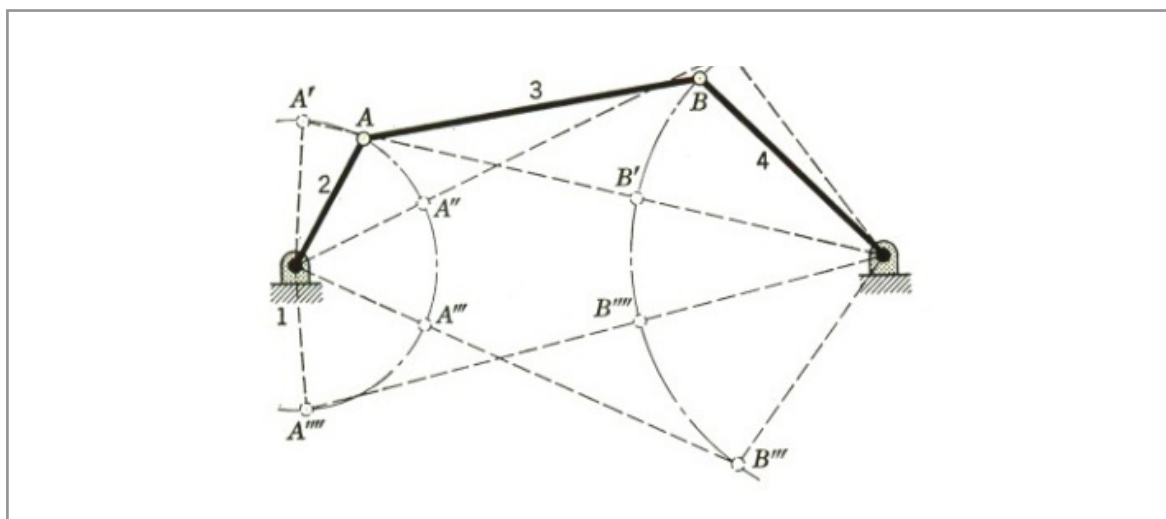
۲. ادبیات موضوع

امروزه در گستره وسیع اطلاعات، پیشرفت واقعی با برخورداری از یک نگاه ترکیبی به وجود می آید. پایه و اساسی را که از تجمیع علوم متخصصان مختلف به وجود می آید «علم رابط علوم مختلف» می نامند. پیدایش علوم رابط به نیمه دوم قرن بیستم مربوط می شود و به طور کلی برای آینده علوم از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. در حوزه علم رابط، از برخورد اندیشه ها شرایطی به وجود می آید که موجب پیشرفت کار می شود. مطالعاتی که از نظرهای به ظاهر گوناگون که در واقع به هم نزدیک اند آغاز می شود، با هم تلاقی می کنند و افکار تازه ای را برمی انگیزند. علوم تخصصی جنبه تحلیلی دارند و مجموعه هایی از دانش واقعی را تشکیل می دهند، حال آنکه علوم رابط ترکیبی اند و نمایشگر مفاهیمی هستند که آن واقعیت ها را به هم مربوط می کنند. با اینکه حوزه پژوهش علمی یک متخصص با فزونی یافتن نظام تخصص محدود می شود ولی قلمروی علم رابط بر اثر برخورد با موضوعات نو و وسیع تر می گردد. (gerardei, 1981).

در همین راستا، «ابداع» از پیوند دادن عوامل مختلفی به وجود می آید که قبلاً با هم ارتباطی نداشته اند و باید پیش از ارتباط دادنشان به وجود این عوامل پی برد. در



شکل ۲: مکانیسم چهارمیله‌ای: (۱) اتصال ثابت، (۲) بازوی محرک، (۳) حلقه اتصال، (۴) دنباله رویا پیرو (مجیدی، ۱۳۹۱)



شکل ۳: نمونه اتصال چهارمیله‌ای (مجیدی، ۱۳۹۱)

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 همواستاتیک

سیستمی استاتیک است که عناصر و محیط آن دینامیک باشد. این نوع سیستم، در برابر تغییراتی که در محیط آن به وجود می‌آید و نیز در برابر اختلال‌هایی که از درون بر آن وارد می‌شود واکنش نشان داده و این واکنش در برابر خنثی‌سازی تغییر است. به عنوان 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 همواستاتیک است (Mahmoodinejad, 2011, 169).

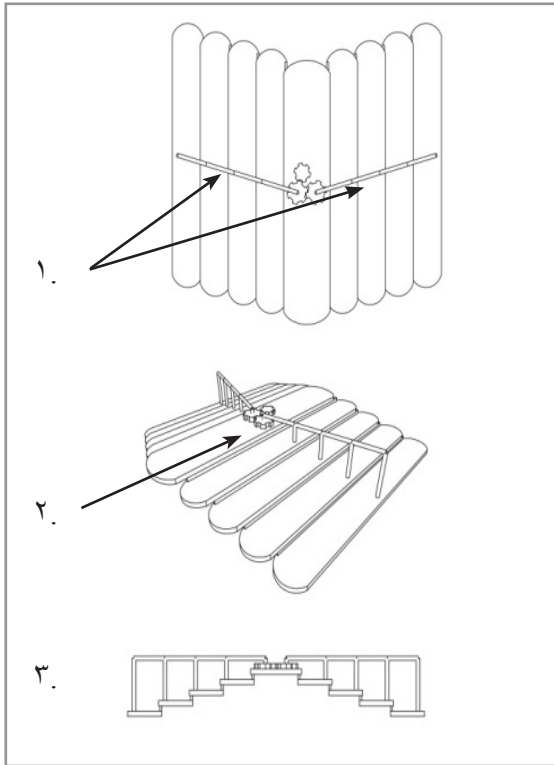
فنون طراحی صنعتی بود که در حقیقت مرهون دست یافته‌های نوین عرصه تکنولوژی می‌باشد.

۲-۲. مفاهیم پایه در طراحی صنعتی

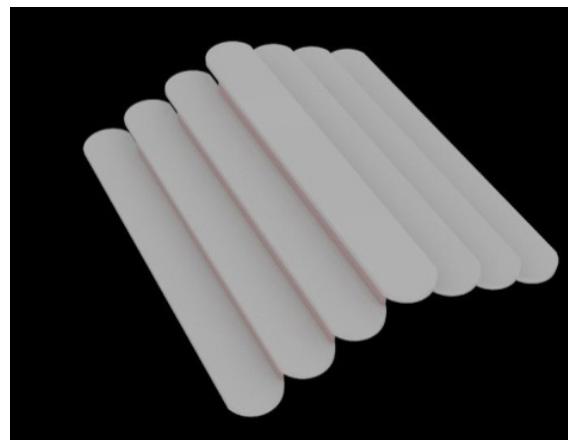
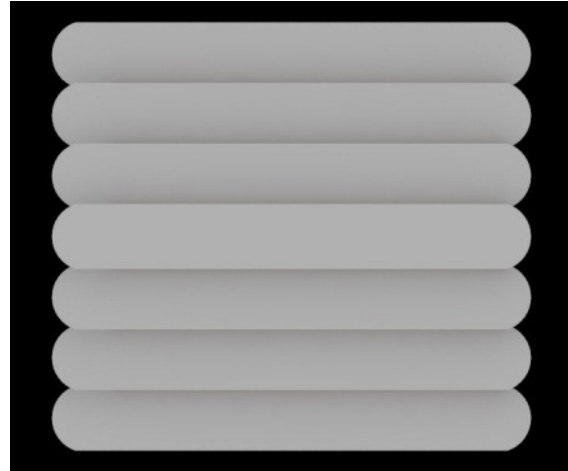
مفاهیمی چون سامانه، سیستم و مکانیسم زمینه‌ساز حرکت در طراحی صنعتی می‌باشند. یک «سامانه» مجموعه‌ای از اجزاء و عناصر است که به‌گونه‌ای ویژه با هم هماهنگ شده و همکاری می‌کنند تا به یک هدف ویژه [در اینجا حرکت] دست یابند. سامانه‌ها انواع متفاوت و متنوعی دارند؛ سامانه ایستا، دینامیک و همواستاتیک.

۲-۲-۱. سیستم ایستا

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



شکل ۵: چهارنمای مدول (نگارندگان، ۱۳۹۱)



شکل ۴: مدول متشکل از صفحات موازی (۱) و فضای منفی ایجاد شده در زیر آن (۳) (نگارندگان، ۱۳۹۱)

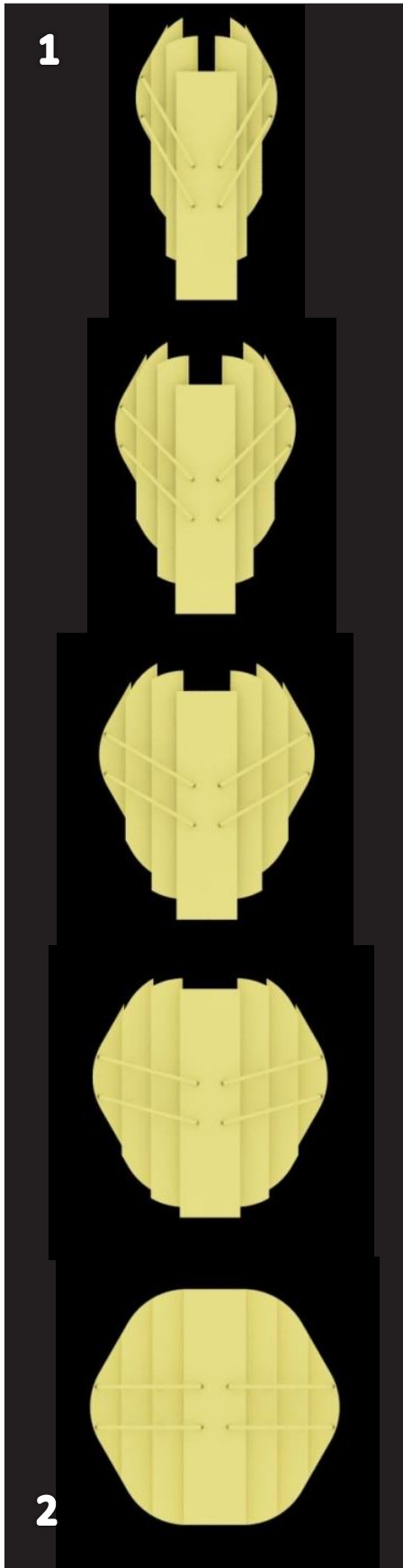
۲-۲-۲. مکانیسم

علاوه بر مفهوم سامانه؛ «مکانیسم» ابزاری است که به وسیله تبدیل حرکت و نیروهای ورودی، به دسته‌ای از حرکت و نیروهای دلخواه 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 جزاین‌ها تشکیل یافته‌اند (Uicker, Pennock and Shigley, 2003). رولوکس^۴، دانشمند آلمانی تعریفی مطابق زیر را برای مکانیسم ارائه نموده است: «مکانیسم، ترکیبی است از اجزای پایدار سازمان یافته که به وسیله ابزارهای خود، نیروهای مکانیکی طبیعت را به کار کردن

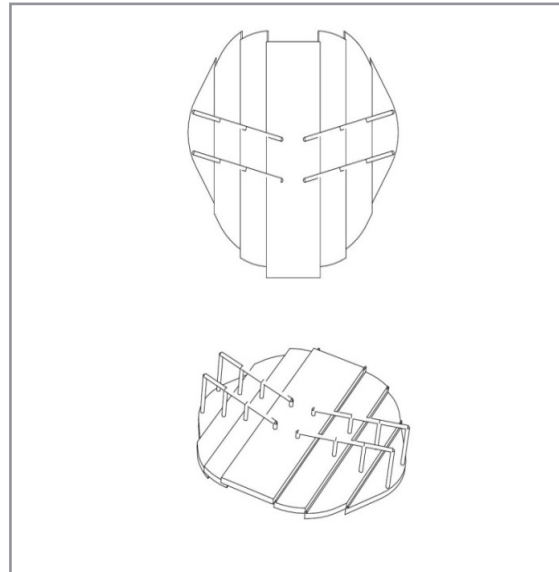
از طریق حرکت معین دقیقی و ادار می‌سازند (Reuleaux, 187, 1963).

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 سال‌هاست که در خط تولید و حتی در برخی از اسباب و وسایل، مثل یک ترازوی دوکفه‌ای ساده یا یک ترمزلنتی اتومبیل به کار گرفته شده‌اند. این عمل، بدون دقت در طراحی و شناخت تک تک اعضای متشکله، امکان پذیر نیست و ممکن است که کوچکترین خطا در جایگزینی یا معرفی عضو یا مفصلی در کل سیستم یا مکانیسم ایجاد اختلال نماید (Artobolevski, 1998, 4). به طور 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 ایجاد مکث، مکانیسم‌های نظم‌دهنده، مکانیسم‌های تولید منحنی، مکانیسم‌های معکوس‌کننده،



شکل ۷: فازهای حرکتی مدول طراحی شده (نگارندگان، 1391).



شکل ۶: فرم اصلاح شده مدول (نگارندگان، 1391).

مکانیسم‌های انتخابگر، مکانیسم‌های کلید و جزاین‌ها (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.

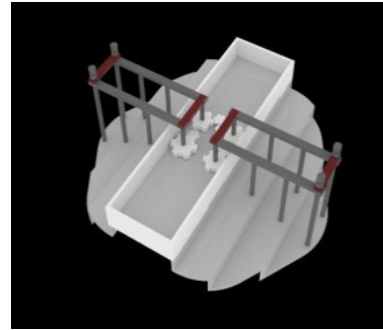
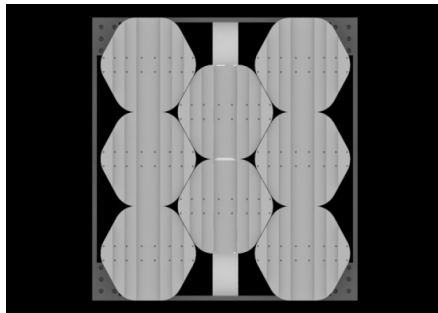
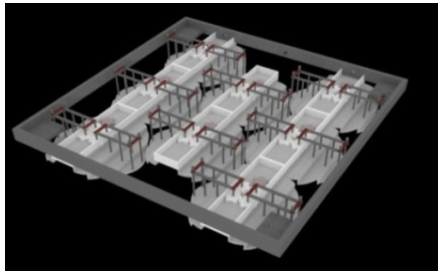
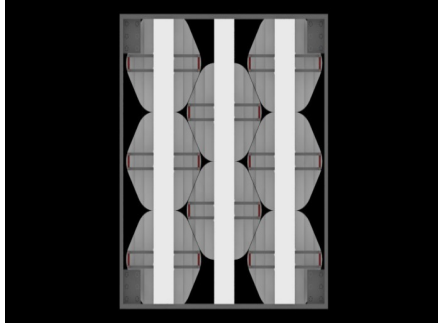
- **چرخ‌دنده:** انتقال چرخش بین چرخ‌های دندانه‌دار مرتبط، می‌تواند به مکانیسم یونانی Antikythera و چینی بازگردد.

- **بادامک‌ها:** بادامک و پیرو، اختصاصاً به وسیله ارتباط مستقیم دو عضو اتصالی فرمی ایجاد شده‌اند. عضو اتصالی که باعث ایجاد حرکت می‌گردد، بادامک نامیده می‌شود و عضو اتصالی که به حرکت 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 اعضای بدین شرح تشکیل شده است: اتصال ثابت (fixed link)، بازوی محرک (the driver)، حلقه اتصال (the connecting link)، دنباله‌رو یا پیرو (the follower).

مطابق شکل ۲، 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



شکل ۸: بخش‌های مکانیکی تعبیه شده در پشت یک مدول

می‌توانند نوسان داشته باشند. در این شکل، محدوده چهار فاز با خط چین نشان داده شده است. نقطه A می‌تواند از میان کمان $A_1A_2A_3A_4$ عبور کرده و به A_1 بازگردد، در حالی که B از میان کمان $B_1B_2B_3B_4$ عبور کرده و به B_1 ختم می‌شود. به وضوح مشخص است، هنگامی که A در نقاط A_1 یا A_4 واقع می‌شود اتصالات ۳ و ۴ در امتداد یک خط راست قرار گرفته‌اند، ضمناً به همین 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 A_1A_4 کوچکتر باشد. اگر قرار باشد که حلقه ۴ را محرک فرض کنیم، در این صورت فاز *dead-center* زمانی است که A در نقاط A_2 و A_4 قرار گرفته باشد.

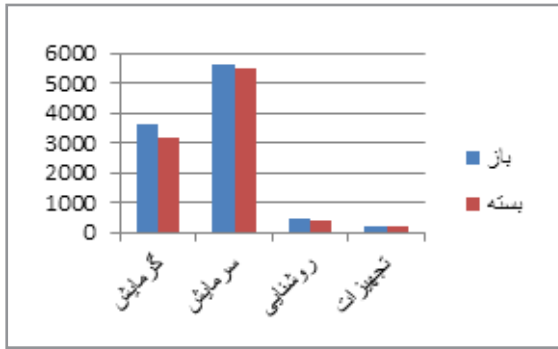
۲-۳. ترکیب طراحی صنعتی و معماری

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

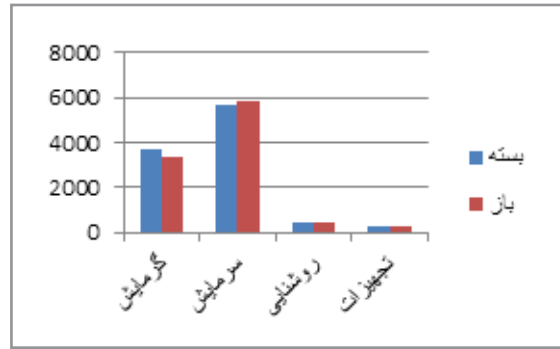
شکل ۹: فرم گسترده نما (۱) نمای پشت از سازه پشتیبان (۲) امکان پوشش سازه پشتیبان با یک لایه فلزی یا پلاستیکی (۳) (نگارندگان، ۱۳۹۱)

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

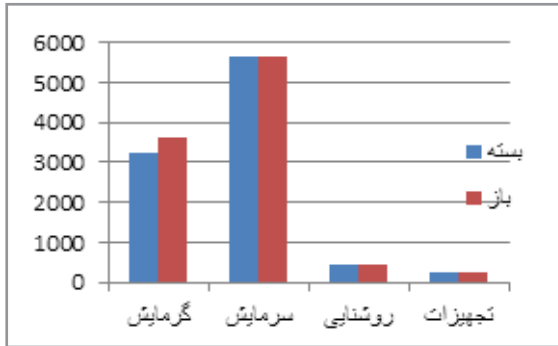
اما نکته مورد توجه در این پژوهش، بهره‌گیری از مکانیسم‌ها در نمای ساختمان و با در نظر گرفتن کلیه مسائل اجرایی و کالبدی است. رویکرد اصلی در این پژوهش ارائه مکانیسم باز و بسته‌شونده برای طراحی نمای متحرک مدولار لایه‌ای می‌باشد که بتواند علاوه بر پاسخگویی به نیازهای عملکردی ساختمان، راه‌حلی باشد برای افزایش کیفیت بصری نما در ساختمان. طراحی چنین مکانیسمی قابلیت طراحی به صورت 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.



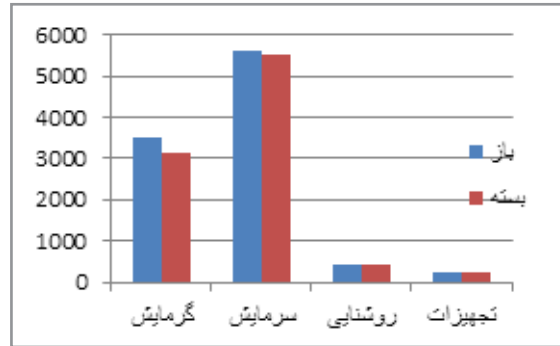
شکل ۱۲: نمودار مصرف انرژی در جبهه شرقی



شکل ۱۰: نمودار مصرف انرژی در جبهه شمالی



شکل ۱۳: نمودار مصرف انرژی در حالت غربی



شکل ۱۱: نمودار مصرف انرژی در جبهه جنوبی

حرکت طراحی شده برای این صفحات، با هدف لغزیدن آن‌ها روی هم، حول یک محور مرکزی، و در نهایت جمع شدن و روی هم قرار گرفتن، بود. بنابراین همه صفحات به وسیله دومیله که هر صفحه را به صفحه اصلی متصل می‌کرد با هم اتصال یافتند (شکل ۵-۱). در ابتدای هر یک از دو میله و روی صفحه اصلی یک چرخ دنده 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 وامی دارد (شکل ۵-۳).

این سیستم، مکانیسم پایه‌ای حرکت در ادامه روند طراحی در نظر 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 در بردارنده مدول و عمود بر مدول، تکمیل گردد؛ در غیر این صورت به دلیل اتصال صفحات تنها در یک نقطه دچار لقی و عدم تعادل خواهند شد. این عمل به وسیله افزودن یک میله اتصال در راستای صفحه مدول صورت پذیرفت (شکل ۶).

۲-۴. مکانیزم پیشنهادی طراحی شده برای نمای معماری

۲-۴-۱. 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 متحرک ساز ساده به دلیل صد درصد کاربردی بودن آن مد نظر قرار گرفت.

در نهایت مدل مورد نظر از تعدادی صفحه مسطح تشکیل گردید (شکل ۴-۱) که به فاصله‌ای معین از یکدیگر در راستای قائم قرار می‌گیرند (این فاصله عمودی قابل تغییر به منظور مناسب‌سازی برای اقلیم‌های مختلف می‌باشد شکل ۲-۲)، 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 (شکل ۴-۳).

فازهای مختلف حرکتی براین اساس مطابق با شکل های (شکل ۷-۱) از حالت باز تا (شکل ۷-۲) حالت بسته ارائه می شود.

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

پیش از این ذکر شد که اعضای یک تک مدول با استفاده از چرخ دنده های متصل به یک موتور الکتریکی به نام سروو موتور^۵ به حرکت در می آیند. پس به تعداد مدول ها صفحات از طریق موتور الکتریکی و در تبدیل حرکت چرخشی به حرکت چرخشی اتفاق می افتد^۸ (شکل ۸). در این روش کلیه قطعات مکانیکی مورد استفاده برای حرکت از قبیل چرخ دنده ها و موتور الکتریکی پشت یک ستون مرکزی که صفحه اصلی مدول بدان متصل است، تعبیه می گردد، که در حقیقت این ستون ها وظیفه حمل بار نما رانیز برعهده دارند (شکل ۹-۱ و ۹-۲ و ۹-۳).

۳. بحث

پژوهش حاضر پس از طراحی تک مدول و روش برپایی مدول ها در کنار یکدیگر، به آنالیز حرارتی و برودتی نمای ساخته شده می پردازد، بدین ترتیب شبیه سازی برای یک اتاق با کاربری مسکونی انجام پذیرفت، اقلیم مورد مطالعه تهران در نظر گرفته شد. تعداد نفرات حاضر در اتاق به ازای هر متر مربع 0.431 نفر تعیین گردید. همچنین میزان بار روشنایی محیط و همچنین تجهیزات مورد استفاده در ساختمان به ترتیب برابر $11/74$ و $2/96$ وات بر متر مربع می باشد. همچنین یک سنسور کنترل روشنایی در مرکز اتاق و در ارتفاع 80 سانتیمتری قرار گرفت تا با توجه به میزان نور وارده به اتاق سیستم روشنایی را کنترل نماید. این سنسور بر روی عدد 200 لوکس تنظیم شد.

عرض اتاق $3/5$ متر، عمق 4 متر و ارتفاع اتاق 3 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 می شود. عرض این دیوار $3/5$ متر و ارتفاع آن 3 متر در نظر گرفته شد. سایر جداره ها به صورت بی درو فرض شده اند. به این ترتیب تنها اثر جداره ای که نمای متحرک بر روی آن قرار دارد مورد مطالعه قرار می گیرد. در مرکز دیوار خارجی اتاق پنجره ای به طول $2/4$ و ارتفاع $1/2$ متر قرار گرفته است. در این شبیه سازی میزان نفوذ هوا $0/5$ حجم در ساعت و میزان هوای تازه ورودی به ساختمان برابر $0/00944$ متر مکعب در ثانیه است.

جنس پنجره و نمای متحرک، شیشه ساده تک جداره به ضخامت 6 میلیمتر فرض شده است. همچنین دیوار خارجی ساختمان از آجر به ضخامت 30 سانتیمتر ساخته شده است که در سمت داخل به وسیله گچ به ضخامت 5 سانتیمتر اندود شده است. لازم به توضیح است که این شبیه سازی با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس صورت پذیرفته است.

برای مقایسه تأثیر پوشش نمای مورد بحث، عملیات شبیه سازی در دو حالت پوشش کامل نما (بسته) و حالتی که نما به صورت کامل باز شده است، در هر یک از چهار جهت اصلی (شمال، جنوب، شرق و غرب) تکرار شد و در هر حالت میزان انرژی مصرفی سالانه به تفکیک مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

همانطور که در شکل ۱۰ مشاهده می شود زمانی که نمای متحرک بر روی جبهه شمالی ساختمان قرار دارد، بسته بودن نما (پوشش کامل) در زمستان موجب افزایش بار گرمایشی ساختمان می شود اما در تابستان انرژی مصرفی سرمایش را کاهش می دهد؛ بنابراین بهتر است در تابستان نما در حالت بسته قرار گیرد و در زمستان گشوده شود. همانطور که ملاحظه می شود بسته بودن نما اندکی در افزایش بار سیستم روشنایی تأثیرگذار است.

برای جهت های 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 می شود، بسته شدن نما در هر حالت موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد. اما این تأثیر در زمستان چشمگیرتر از تابستان می باشد (شکل های ۱۱-۱۲).

اگر نمای متحرک بر روی دیوار غربی ساختمان اجرا شود تنها در فصل زمستان می تواند 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 می توان در شکل ۱۳ به وضوح مشاهده نمود.

نتیجه گیری

نمای ساختمان از مهمترین بخش های یک کالبد معماری است؛ چراکه علاوه بر القای ماهیت زیبایی شناسانه به بنا و شهر در حیطه بزرگتری یعنی مصرف انرژی نیز نقش خواهد داشت. تمامی تلاش هایی که در جهت کاهش مصرف سوخت صورت می گیرند در نهایت به کاهش

4. Reuleaux.F.

۵. نوعی موتور الکتریکی که با اتصال به یک برد الکتریکی قابلیت برنامه پذیری برای بازوبسته 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 Gohlabchi, 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

تولید دی اکسیدکربن و گرم شدن زمین منجر می‌شوند. معماری نیز می‌تواند به سهم 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 به کار گرفته شد، در نهایت نیز آنالیزهای انرژی صورت پذیرفته، کارکرد نما را در جوه 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 نورتابشی 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 به عنوان 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.

پی‌نوشت‌ها

۱. شاید کاربرد واژه «میان رشته» از علم «رابط» گویاتر و رساتر باشد.
2. Vela
3. William Zuk

۶۴

شماره ۲-۵
تابستان ۱۳۹۴
فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

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