معماری جنبشی وتغییرشکل‌پذیر، خلق فضایی منعطف با قابلیت پاسخگویی به شرایط متغیر و نیازهای جدید

میترا خرازی صنعت شتربان*، کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدبناب، ایران
M51_arch@yahoo.com

چکیده

از نظرسیرتاریخی مواجه انسان با طبیعت ، روند تکامل معماری درتعامل با فناوری ، از الگوواره دوم یا فراارگانیک ، با یکجانشینی و برقراری شیوه های تولید یعنی کشاورزی و دامداری و ساخت سرپناهها وکلبه های ابتدایی درصدد هماهنگ کردن طبیعت با خود و یا خود با طبیعت آغاز می شود. با آغاز الگوواره سوم یا فروارگانیک وتسلط برطبیعت دگرگونی‌های بزرگی درصنعت ، کشاورزی ، تولید وترابری درسالهای۱۷۵۰ تا ۱۸۵۰ میلادی با عنوان" انقلاب صنعتی" رخ داد . در این بازه زمانی توقع بشر فراتر از امنیت و آسایش رفته ، انسان درصدد حداکثر بهره برداری ازطبیعت به نفع خویش است . درسالهای آغازین قرن بیستم با شروع دوران مدرنیته مجموعه گوناگونی ازسبکهای معماری وایده ها از خلق سکونتگاه های جدید گرفته تا بازسازماندهی شهرهای کهن توسط معماران و برنامه ریزان ارائه شد. ولی در مدت زمان کمی این انقلاب خود زمینه ساز دیگر انقلاب های مدرن در قرن های حاضر شد که از آن جمله می توان به انقلاب فناوری اطلاعات به عنوان علم و تکنولوژی روزدنیا اشاره کرد. ساختمان سبز یک روش هوشمندانه و کارآمد در طراحی، ساخت و استفاده از یک بنا می باشدکه نه تنها اثرات منفی آن بر محیط زیست به حداقل رسیده، بلکه حتی تاثیر مثبتی نیز بر روی آن می‌گذارد . این ساختمانها موجب حفظ منابع طبیعی شده و به بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کنند. ساختمان‌های هوشمند نیز تکامل طبیعی طراحی ساختمان‌های سبز هستند زیرا برای مصرف کمتر انرژی تنظیم شده‌اند. درعصرحاضر پیشرفت‌های فناوری و تکنولوژی هوشمندسازی راه را برای یک تحول بنیادی درمعماری هموارکرده است، رویکردی که شامل پاسخگویی و حرکت است. این مفهوم که "معماری جنبشی" نامیده می شود به ساختمانها اجازه می دهد تا به صورت پویا با محیط همیشه درحال تغییرِ خود، سازگار شوند. این مقاله و تحقیق در پی آن است که تعاریف ، مزایا واصول حاکم بر طراحی این ساختمان ها را با ذکرنمونه های موردی بررسی کرده و بامعرفی عناصر جنبشی درسازه ها و فضاهای عمومی نه تنها بحث سکون، ثبات و ایستایی معماری را به چالش بکشد، بلکه با خلق تعریف جدیدی از فرم ، فضا ، زمان و حرکت در معماری آغازگر عصرجدیدی از محیط های شهری پویا و تعاملی پاسخگو باشد. مقاله و پژوهش حاضر به دنبال ارزیابی طراحی معماری جنبشی وتغییرشکل پذیر برای دستیابی به خلق فضاهایی منعطف با قابلیت پاسخگویی به شرایط متغیر و نیازهای جدید بعنوان یک شاخص کاربردی ، و ارائه دیدگاه هایی با تاثیرگذاری بیشتر درنیل به این منظور بوده است . کلیت مقاله و تحقیق کاربردی وروش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده وبررسی منابع علمی وکتابخانه ای و اسناد و مدارک درچهارچوب بحث فوق می باشند . امید آن می رود که با توجه به مطالعات کاربردی در زمینه ساخت ساختمانهای مورد مطالعه ، به زودی ضوابط ساخت این ساختمانها در قوانین ساختمانی کشور ما نیز مقرر شود تا کشور ایران نیز به مانند بسیاری از کشورها به این مزایا دست یابد .

واژه های کلیدی: معماری جنبشی، پاسخگو ، کینیتیک ، هوشمند ، منعطف ، تغییرشکل پذیر

مقدمه

با نگاهی به تاریخ تمدن بشر می توان دریافت که تکامل فناوری ومعماری درگذرزمان ناشی از تحول نیروی اندیشه انسان و پیشرفت علوم و تکنولوژی بوده است. ازنظرسیرتاریخی مواجه انسان باطبیعت ، روندتکامل معماری درتعامل با فناوری ، از الگوواره دوم یا فراارگانیک و با یکجانشینی و برقراری شیوه های تولید یعنی کشاورزی و دامداری و ساخت سرپناهها وکلبه های ابتدایی درصدد هماهنگ کردن طبیعت با خود و یا خود با طبیعت آغاز می شود. دراین مقطع انسان با الگوبرداری ازطبیعت در فرایند طراحی معماری به منظور افزایش فیزیک تعاملی درمعماری با تولید ابزارآلات ابتدایی و استفاده بهینه ازمواد و مصالح محیط پیرامون ، مثلا با قطع درختان وتبدیل آنها به الوارساخت اسکلت کلبه های چوبی را آغاز می نماید . با آغاز الگوواره سوم یا فروارگانیک و تسلط برطبیعت دگرگونی‌های بزرگی درصنعت ، کشاورزی ، تولید وترابری درسالهای ۱۷۵۰ تا ۱۸۵۰ میلادی با عنوان " انقلاب صنعتی" رخ داد . دراین بازه زمانی توقع بشر فراتر از امنیت و آسایش رفته ، انسان درصدد حداکثر بهره برداری ازطبیعت به نفع خویش است و زمینه آسیب رساندن به طبیعت را فراهم می آورد. موضوع انقلاب صنعتی نه تنها درحوزه ساختمان و معماری تاثیر گذاشت بلکه درسالهای آغازین قرن بیستم با شروع دوران مدرنیته مجموعه گوناگونی ازسبکهای معماری وایده ها ازخلق سکونتگاه های جدید گرفته تا بازسازماندهی شهرهای کهن توسط معماران و برنامه ریزان ارائه شد. بنه ولو درکتاب تاریخ معماری مدرن، معماری دوران انقلاب صنعتی را همراه با پیشرفت های عمده درتکنیک ساختمان می داند . با کمی تامل می توان گفت که پیش از انقلاب صنعتی دگرگونی تفکرو بینش انسان (که حاصل شناخت وی ازمحیط پیرامون و الگوبرداری از طبیعت بود) و تحولات تکنولوژی ساخت (که حاصل دانش و تجربیات هر قوم و تمدن درطول زمان است) به آرامی اتفاق می افتاد . ولی در مدت زمان کمی این انقلاب خود زمینه ساز دیگر انقلاب های مدرن در قرن های حاضر شد که از آن جمله می توان به انقلاب فناوری اطلاعات به عنوان علم و تکنولوژی روز دنیا اشاره کرد.

پیدایش فناوری‌های صنعتی و اطلاعاتی از اواخر قرن بیستم میلادی ، بر تمام حوزه های زندگی انسان تاثیر گذاشته است. سال‌ها بی توجهی با عنوان گسترش روزافزون تکنولوژی درزندگی بشر، افزایش آلودگی محیط زیست و انتشارکربن و برهم خوردن تعادل اکولوژیکی و ... را رقم زده که همگی منجربه دو بحران زیست محیطی و انرژی شده است . معماری نیز از این پدیده مهم مجزا نبوده است، زیرا بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و ۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است. بحران اواسط دهه ۱۹۶۵ سبب تشکیل گروه های طرفدارمحیط زیست درجاهای مختلف دنیا گردید و بیانیه ها و مقالات متعددی در زمینه طراحی و اصول معماری سبز و ساختمانهای پایدارتوسط محققان و معماران مختلف درسراسردنیا به رشته تحریر درآمد. این امر باعث شدتا جوامع به سمت تغییر الگوهای مصرف وتغییر رفتارها دراستفاده ازانرژی روی آورده و دولت‌ها به فکر راهکارهایی برای صرفه‌جویی و یافتن انرژیهای نو باشند و بدین ترتیب ایده ساختمانهای سبز و پایدار مطرح گردید . ساختمان سبز یک روش هوشمندانه و کارآمد در طراحی، ساخت و استفاده از یک بنا می باشد که نه تنها اثرات منفی آن بر محیط زیست به حداقل رسیده، بلکه حتی تاثیر مثبتی نیز برروی آن می‌گذارد .این ساختمانها موجب حفظ منابع طبیعی شده و به بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کنند. ساختمانهای هوشمند نیز تکامل طبیعی طراحی ساختمانهای سبز هستند . زیرا برای مصرف کمتر انرژی تنظیم شده‌اند. امروزه معماران درزمینه ساختمانهای دوستدار محیط زیست برای رشد و توسعه درآینده بیش از پیش به ساختمانهای هوشمند روی آورده اند . درعصرحاضر پیشرفت‌های فناوری و تکنولوژی هوشمندسازی راه را برای یک تحول بنیادی در معماری هموار کرده است ، رویکردی که شامل پاسخگویی و حرکت است. این مفهوم که "معماری جنبشی" نامیده می شود به ساختمانها اجازه می دهد تا به صورت پویا با محیط همیشه در حال تغییرِ خود، سازگار شوند. امروزه، اصول معماری جنبشی معمولاً برای افزایش پایداری زیست محیطی ساختمانها، به ویژه از طریق نما، اعمال می شود. با این حال، معماری جنبشی و تغییر شکل پذیر این پتانسیل را دارد که بر محیط ساخت بشر، از جنبه های دیگری نیز تأثیر بگذارد. این مقاله و تحقیق در پی آن است که تعاریف ، مزایا واصول حاکم بر طراحی این ساختمانها را با ذکرنمونه های موردی بررسی کرده و با معرفی عناصر جنبشی درسازه ها و فضاهای عمومی نه تنها بحث سکون، ثبات و ایستایی معماری را به چالش بکشد بلکه با خلق تعریف جدیدی از فرم، فضا، زمان و حرکت در معماری آغازگر عصر جدیدی از محیط های شهری پویا و تعاملی پاسخگو باشد و نشان دهد که فناوری ساختمانهای جنبشی (kinetic) یا متحرک چگونه با ایجاد فضاهای انطباق پذیر برای رسیدن به شرایطی پایدار با کانسپت بالا ،کاهش مصرف انرژی ، بهبود کیفیت هوای داخلی نسبت به نیازکاربران وتغییرات آب وهوایی، قابل تغییروتنظیم ، وبا شرایط پیرامونش درتعامل بوده وبه تغییرات محیطی پاسخ بهینه می دهند.

روش تحقیق

مقاله و پژوهش حاضر بدنبال ارزیابی طراحی معماری جنبشی و تغییرشکل پذیر برای دستیابی به خلق فضاهایی منعطف با قابلیت پاسخگویی به شرایط متغیر و نیازهای جدید بعنوان یک شاخص کاربردی ، و ارائه دیدگاه هایی با تاثیرگذاری بیشتردر نیل به این منظور بوده است . هدف از تدوین این مقاله تبیین فرآیندی مهندسی ، طراحی و احداث ساختمانهای تقریبا خودکفا درتولید انرژی برای رسیدن به شرایطی پایدار باکانسپت بالا ، بهبود کیفیت هوای داخلی، و به حد اقل رساندن مصرف انرژی وجایگزین کردن انرژیهای پاک تاحدامکان و احداث یک ساختمان پایدار پاسخگو به شرایط متغیر و سازگاربا محیط زیست می باشد . هدف از معماری متحرک و تغییر فرم دهنده ساخت فضایی انطباق پذیراست به نحوی که نسبت به نیازکاربران و تغییرات آب و هوایی ،قابل تغییر و تنظیم ، و با شرایط پیرامونش درتعامل بوده و به تغییرات محیطی پاسخ دهد .کلیت مقاله و تحقیق کاربردی

وروش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده وبررسی منابع علمی وکتابخانه ای و اسناد و مدارک درچهارچوب بحث فوق می باشند . لذا نمونه های موردی از ساختمانهای جنبشی وتغییر شکل پذیربا تحلیل عملکرد این ساختمان ها مورد بررسی قرارگرفته اند ، که به نمونه های برجسته اشاره خواهد شد .

سوالات اساسی

- چه راهکارهایی برای دستیابی و توسعه معماری جنبشی و تغییرشکل پذیر بعنوان یک شاخص کاربردی پیشنهاد می شود ؟
- چگونه می توان بین شرایط محیطی و ساختمان تعامل برقرارکرد ؟
- چه روند طراحی برای احداث یک ساختمان چرخشی و تغیی شکل پذیراز نظر پاسخگویی به شرایط متغیر و نیازهای جدید سازگاربا محیط زیست پیشنهاد می شود ؟
- چگونه یک ساختمان می تواند پاسخگوی فعالیت ها و نیازهای کاربران ساختمان باشد؟
- چگونه یک ساختمان می تواند منعطف با شرایط متغیر پیرامون خود باشد؟

فرضیه تحقیق

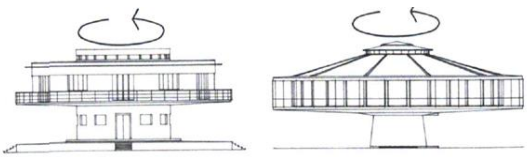
به نظرمی رسد درعصرحاضر ساختمانهای هوشمند با معماری جنبشی وتغییرشکل پذیر ، با خلق فضاهایی منعطف با قابلیت پاسخگویی در زمان معین به شرایط متغیر و نیازهای جدید می توانند میان چرخه تولید ومصرف انرژی تعامل برقرارکرده و با بهبودکیفیت محیطی بعنوان عنصری تاثیرگذارهمگون با محیط طبیعی ، روند توسعه معماری اکولوژیکی را باپایداری زیست محیطی بالا مهیا سازند .

هدف و ضرورت انجام تحقیق

بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و ۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه نزدیک به نیمی از منابع انرژی های برگشت ناپذیر جهان مصرف شده اند وهم اکنون ما درصنعت ساختمان سازی با دو بحران اساسی زیست محیطی و انرژی مواجه هستیم ، لذا با شناخت اصول و روشهای طراحی ساختمانهای هوشمند با معماری جنبشی (حرکتی) وتغییرشکل دهنده می توان با افزایش پایداری زیست محیطی ساختمان ها و حفظ منابع انرژی نه تنها میان چرخه تولید ومصرف انرژی نیز تعامل برقرارکنیم بلکه درمورد فضای عمومی، معماری جنبشی به عنوان یک رابط پاسخگو عمل می کند. فاکتور پاسخگویی در زمان معین در این ساختمان بسیار مهم و ضروری است. که بطور یکپارچه فضاها، فعالیت ها وجوامع را به هم متصل می کند. این ویژگیها ، فضاهای عمومی را بسیار تطبیق‌پذیر می کند و آنها را با عملکردها و فعالیت‌های متنوع سازگار کرده و درعین حال از دید و منظر مناسب و متنوع برخوردار می‌کند. هدف از معماری متحرک و تغییرشکل پذیر ساخت فضایی منعطف است بنحوی که نسبت به نیاز کاربران و تغییرات آب و هوایی قابل تغییر و تنظیم ، وبا شرایط پیرامونش درتعامل بوده و به تغییرات محیطی پاسخ دهد .

پیشینه تحقیق

حرکت در معماری و اجزاء آن از گذشته تا به امروز وجود داشته است. تحرک و جنبش در معماری برای اولین بار توسط چادرنشینان استفاده شده است. از نمونه کمی پیشرفته تردرمعماری متحرک می‌توان به سقفهای متحرک آمفی تئاترهای رومی اشاره کرد. تعاریف ساده و زیادی برای معماری متحرک وجود دارد. ویلیام زوک و راجرد کلارک معماری متحرک را اینگونه تعریف کرده اند : " معماری که شکل آن ذاتاً می‌تواند دگردیس پذیر، بسط پذیر و یا قادر به حرکت جنبشی باشد". آنها همچنین مفهوم معماری متحرک را تبدیل معماری به یک" فرایند مداوم حرکتی"، حتی زمانی که ساختمان کاملا ساخته شده باشد توصیف کرده اند . (Zuk & Clark , 1970) مایکل فاکس (۲۰۰۹) معماری متحرک را "معماری با قابلیت جابه جایی و قرارگیری تنوع شکلی" تعریف کرده است. بنابراین چنین سیستمهایی می‌تواند در مکان‌های مختلف و با اهداف متفاوت مورد استفاده قرارگیرند که علاوه برجنبه عملکردیشان جنبه سمبلیک نیز داشته باشند. یکی از ساده ترین تعاریف درزمینه معماری متحرک را رابرت کروننبرگ این چنین بیان می‌کند که : "ساختمان یا اجزای آن دارای قابلیت تغییرمحل ویا تغییرهندسه باشند ." (Kronenberg, Lim and Chii, 2003) سازه‌های متحرک موضوع جدیدی در معماری نیستند. لئوناردو داوینچی درسال ۱۴۰۰ میلادی چندین سازه متحرک جرثقیلی برای جابه جایی اشیاء سنگین طراحی کرد. معماری متحرک به معنای امروزی درسه دهه اول قرن بیستم میلادی ظاهر شده و یکی از اولین نمونه های معماری متحرک خانه گردان طراحی شده توسط پیر نروی درسال ۱۹۳۴ میلادی بود که نمونه‌ای شبیه به آن درسال ۱۹۶۰ توسط ریچارد فاسترساخته شد .



شکل ۱ – خانه طراحی شده توسط نروی(چپ) – خانه طراحی شده توسط ریچارد فاستر(راست).(ماخذ: https://build.behshahr-inv.ir)

تاکنون پژوهشها و مطالعات تحقیقاتی زیادی نیزدراین زمینه انجام شده است . از جمله مقاله "معماری پاسخگو و جایگاه آن درمعماری عصر معاصر" (سمیر عیسی زاده سال۱۳۹۷) ، مقاله" معماری جُنبشی: انعطاف، هوشمندی و تطبیق‌پذیری"(مهتاب ارمغان و حمید ثروت‌جو سال۱۳۹۸)، مقاله"معماری واکنشی یا جنبشی یا پاسخگو (با بررسی نمونه موردی برج های البحرابوظبی)" (مهسا آقایی سال۱۳۹۸)، مقاله"شناخت معماری کینتیک و فاکتورهای موثربرگونه‌شناسی آن"(ساجده پورخسروانی و ساراحمزه لو سال۱۴۰۰) ، مقاله"بررسی ویژگی های معماری تعاملی درجهت ایجاد ارتباط کاربر با محیط و فضای معماری" (علی جلوانی اصفهانی سال۱۳۹۵) ، مقاله"پتانسیل معماری جنبشی درخلق صورجدید فضا " (متین باستان فرد و فواد هدایت نظری و حمیدرضا بنی انصاری سال۱۳۹۱). همچنین مایکل فاکس (۲۰۰۹) درکتاب معماری تعاملی : دنیای تطبیق پذیر، ایجاد فضاهای تغییر پذیر را که با کمک فناوری های نو می توانند با ساکنان به روش های مختلف تعامل ایجاد کنند، مطرح نموده است .گرگ لین (۱۹۹۹) درکتاب انیمیت فرم (فرم پویا نما) نشان داده که چگونه معماری می‌تواند با استفاده از رویکردهای فلسفی جدید و فناوری نوین رایانه‌ای، مفاهیم حرکت، نیرو یا تکامل درزمان را پویانمایی کند . دکترکتایون تقی‌زاده و دکتر محمود گلابچی و لادن وجدان‌زاده (۱۳۹۷) درکتاب معماری تغییر فرم پذیر، انعطاف‌پذیری درمعماری نیز مکانیزم و طبقه‌بندی سازه‌های تغییر فرم‌پذیر و معماری قابل حمل پناهگاه‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرارداده اند . کتاب آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم به قلم دکترمحمود رازجویان (۱۳۸۹) تلاشی است که فرایند طراحی را به سمت ایجاد ساختمان های سازگار با محیط سوق دهد. لذا با تکیه بر مطالعات اسنادی ، دراین مقاله و تحقیق سعی برآن است تا ضمن تعریف جدیدی از فرم، فضا، زمان و حرکت در معماری ، با بررسی اصول طراحی ساختمان های جنبشی و تغییر شکل پذیر، عملکردی کردن فناوری آنها و با دستیابی به یک معماری پاسخگو درزمان معین و با قابلیت پایداری بالا به تغییرات محیطی پاسخی بهینه داد چرا که معماری پس از قرن بیستم متأثر از فضای عدم قطعیتها و تغییرهاست .

۱. مبانی نظری

۱-۱ . تعریف واژه ها و مفاهیم

۱-۱-۱ . معماری انعطاف پذیر(Flexible)

انعطاف پذیری در معماری بطورعام به قابلیت تغییر ، خمیدگی و سهولت درحرکت اشیا و اجسام گفته می شود. در معماری و طراحی محیط منظور از واژه " انعطاف پذیری" ، انعطاف پذیری فضایی و ساماندهی فضای انسان ساخت و تغییردرآن برای دستیابی به شرایط ، نیازها و راهکارهای جدید است. استفاده بهینه ازمصالح و فضا، پاسخ به نیازهای گوناگون، کاربردهای متفاوت ، صرفه جویی انرژی، منطبق بودن با اهداف کاربران،کاهش هزینه ها و طول عمر بیشتر از فواید استفاده از معماری انعطاف پذیر می باشد. معماری انعطاف پذیر را ازدیگاه تخصصی می توان در پنج گونه زیر مورد بررسی قرار داد :

- پاسخگو یا واکنشی (Responsive)
- تعاملی (Intraction)
- تطبیق پذیر (Adaptable)
- تغییرپذیر (Shape shifting)
- متحرک یا چرخشی (Kinetec)

۱-۱-۲ . معماری پاسخگو یا واکنشی (Responsive)

معماری پاسخگو یا واکنشی ، نسل جدیدی از معماری است که پاسخگوی نیازهای ساکنان ساختمان و عوامل و شرایط متغیر محیط زیستی در زمان معین بوده و شامل توزیع سامانه های فنی بعنوان ابزار و ایجاد تعامل دو طرفه میان مردم، فضای زندگی و محیط زیست می باشد . به بیانی دیگر، معماری واکنشی یعنی چگونه سامانه های مصنوع و طبیعی دارای تاثیر بر یکدیگر و تعدیل کننده‌ی یکدیگرند. این ساختمان ها نه تنها پناهگاهی در برابر شرایط دشوار اقلیمی می باشند بلکه دارای عملکرد های چندگانه و طیفی از وضعیت هایی است که باآن در طول زمان سازگار شده است. در این سیستم سبک های معماری از عملکرد گرایی به سبکی هوشمند تبدیل شده وبا فناوری نوین عصر معاصر تطبیق یافته است. محیط‌های اجتماعی، پارامتر قابل تغییری است که معماری قابلیت تغییر و سازگاری با آن را دارد. سبک معماری واکنشی سامانه ای است که رفتارهای آن قابل تطبیق و وفق پذیری با داده‌ای است که از ساکنان آن برگرفته شده است. داده های بیرونی از پیرامون ساختمان نیز قابل ترکیب در این فرایند هستند به طور مثال، داده‌های هواشناسی، هزینه های انرژی، نیازهای همسایگی ها و غیره. لذا معماری واکنشی دارای توانایی پاسخگویی به پارامتر های متعددی در طول زمان است.

۱-۱-۳ . معماری تعاملی (Intraction)

معماری تعاملی گونه‌ای از ادغام و مواجهه‌ی طراحی معماری با فناوری دیجیتال است که از نظر فلسفی، موقعیتی منحصربه فرد برای تغییر نقش طراح فراهم می‌کند. این نقش کمتر در ایجاد یک طرح نهایی و بیشتر در زمینه‌ی تجزیه و تحلیلی خواهد بود که هم ساختمان را شامل می‌شود و هم محیط‌هایی که برای پاسخ، انطباق، تغییر و تحقق بخشیدن به زندگی طراحی شده‌اند . طراحی تعاملی نوعی از طراحی اســت که از تعاملات بین کاربران و محصـولات پدید می آید. هدف طراحی تعاملی ساخت محصولاتی است که قادر هستند تا کاربران را دردستیابی هرچه بیشتر به اهداف در

بهترین مسیر و روش ممکن هدایت و راهنمایی کند . در معماری تعاملی وجود انسان، به فضا معنا می بخشد و مکان، جدایی پذیر از فضا نیست. بر اساس این رابطهٔ کلیدی، معماری تعاملی در تلاش است به سمت پیش بینی خواسته های بشر، بدون نیاز به کنترل دائمی او بر روی سازه پیش برود. فرایند طراحی تعاملی، از چهار فعالیت اصلی تشکیل می‌شود:

- شناسایی نیازها و تعیین ضروریات برای محقق‌کردن آنها
- تهیه طرح ها و آلترناتیوهای مختلف از موضوع با قابلیت توانایی برآورده ساختن ضروریات
- تهیه الگوهای ساختاری مورد مطالعه و ارزیابی از طرح‌ها
- ارزیابی نهایی ، نتیجه گیری و انتخاب

۱-۱-۴ . معماری تطبیق پذیر (Adaptable)

معماری تطبیق پذیر سعی می‌کند توانایی ها و عملکرد های جدیدی به سازه بدهد، بدون آنکه درمساحت ساختمان و کالبد آن تغییری ایجاد شود . به عبارت دیگر، تطبیق پذیری اضافه وکم کردن قطعات، اجزاء و دیوارها درجهت هماهنگ کردن سازه با نیازهای گوناگون یا تغییرات آب و هوایی مختلف است. برای اینکه درک قالب این نوع معماری مشکل نباشد، لازم است درنظر داشته باشیم که سازه باید همواره قابلیت تغییرات متناسب با نیازهای احتمالی آینده راداشته باشد. قبلاً ساختمانهایی با عمر طولانی و مفید از دسته ساختمانهای تطبیق پذیر طبقه بندی می‌شدند. امروزه سعی می‌شود ویژگی هایی مثل کم کردن هزینه و کاهش تخریب و صرفه جویی درمنابع انرژی به این سازه‌ها اضافه شود . با چند مثال ساده موضوع را شفاف تر می‌کنیم: هنگامی که در یک ساختمان، مکان آشپزخانه، ورودی و سرویس ثابت و مشخص شد فضای باقی‌مانده می‌تواند بر اساس کاربردهای متنوع دیگری تنظیم شود. درمعماری سنتی ایران نمونه‌ای از این تطبیق را می بینیم :بالاخانه، پشت بام، تابستان نشین و زمستان نشین که بمنزله تطابق خانه با شرایط آب و هوایی متغیر است . این تغییرات همیشگی و ثابت نبوده و درصورت نیاز می توانند عوض شوند. یا بعنوان نمونه ،طراحی ساختمانی برای اسکان سالمندان توسط ورف، معمار هلندی از نوع معماری تطبیق پذیرمی باشد. سلامت سالمندان با گذر زمان تحلیل می رود و نیاز به مراقبت بیشتری دارند. بر این اساس قابلیت ها و تغییراتی دربنا ایجاد شده که شامل کمترین احتمال خطر برای ساکنان باشد. رفت و آمد در محل اتاق نشیمن، خوابگاه‌ها و اتاق‌های درمان، اساس طراحی ساختمانی با پاسخگویی به نیازهای کاربران است. ساختمان های تطبیق پذیر درطول زمان امکان پایداری بیشتری دارند.

۱-۱-۵ . معماری تغییرشکل پذیر (Shape shifting)

معماری تغییرپذیرمی تواند به تغییردر فرم، پوسته، شکل، ظاهر یا سطوح داخلی بنا اطلاق شود .تغییرشکل همچنین ممکن است نتایج گوناگونی نظیر بازشدن، تا شدن، جمع شدن یا پاسخ دادن درپی داشته باشد. اما این تغییرشکل با تغییرپذیری اجسام متفاوت است. مهمترین تفاوت، تغییرپذیری برگشت پذیر بهمراه استفادهٔ آسان و جوابگویی به انواع نیازهاست که سازه را دربرابر شرایط مختلف سازگارمی کند. ساختمان تغییرشکل دهنده درحقیقت نیازهای رسیدن به همه اهداف معماری دینامیک را برآورده می کند،یعنی استفاده ازشرایط محیطی با تغییردرساختار بیرونی، و همچنین استفاده از هرفضایی برای مفاهیم متفاوت و عملکردهای چندگانه با تغییردرساختاردرونی، که تمامی جنبه های عملکردی و مفهومی معماری پویا را داراست. طراحان، معماران و مهندسان سازه اهداف متعددی را از طراحی و اجرای عناصر متحرک یا تغییرشکل پذیر، دربخش های مختلف ساختمان دنبال می کنند. بطورکلی مهمترین اهداف بکارگیری این عناصر در ساختمانهای مختلف عبارتند از:

- بهبود کیفیت ساختمان
- ایستایی
- زیبایی و امنیت وآسایش
- عملکرد در معماری
- خلق مفاهیم و دستاوردهای نوینی مانند تغییر فرم پذیری، تنوع، چند عملکردی، ...
- هوشمندی و انعطاف پذیری
- پاسخگویی به نیازها در زمان معین
- کم کردن هزینه و کاهش تخریب سازه‌ها
- خلق ساختمان های پایدار
- صرفه جویی در منابع انرژی

معماران همواره در انتخاب سیستم های سازه ای به ویژگی های معمارانه آنها به عنوان پارامتری اساسی به دقت توجه می کنند. آنچه که درفرایند انتخاب این مکانیزم ها تعیین کننده است ، دستیابی به حالت بهینه پارامتر های مختلف موثر در پروژه می باشد. عواملی همچون هندسه طرح، مصالح سازه ای و پوشانه های مناسب، شرایط اقلیمی، ویژگی های ابعادی طرح، نوع کاربری ، میزان تغییر شکل، میزان مصرف انرژی ، امکانات اجرایی، هزینه

های اجرا و نگهداری و قابلیت جابجایی، پارامترهایی هستندکه علاوه بر نیازهای فرمی پروژه در انتخاب مکانیزم های تغییرشکل تاثیرگذار است.(روشنی، خاکی ، پورمهدی قائم مقامی، ۱۳۹۴) پارامترهای اساسی تاثیرگذاردرمعماری تغییرشکل پذیرعبارتند از :

۱-۵-۱-۱ . تغییر شکل پذیری

ساختارهای تغییرشکل پذیرمی توانند هم اجزای ساختار و هم درکلیت سیستم ایجاد گردند. این ساختارهای تغییرشکل پذیر مزایای بسیاری همچون کاهش حجم و از بین بردن دید مزاحم ، سهولت حمل و نقل و ... را دارا خواهند بود.

۲-۵-۱-۱ . هندسه تغییر شکل

از دیگر موارد بسیار مهم در ساختارهای تغییرشکل پذیر، هندسه تغییرشکل می باشد. این عامل درشکل گیری نوع مصالح مورد استفاده و نحوه ارتباط بین تک تک اجزای سازه ای و غیرسازه ای بسیار دخیل و قابل ملاحظه ا ست. یکی از عوامل تاثیرگذار هندسی ، نوع حرکت یک ساختار متحرک بوده که شامل تاشوندگی، بازشدن و گسترش یافتن، لغزیدن، خو شه ای شدن، چرخیدن و غلتیدن می باشد. دیگر فاکتور هندسی تاثیرگذار، جهت حرکت است . که می تواند بر اساس نظریه "فرای اتو" (یکی از پیشگامان ریاضیات سازه‌ای و معمارو مهندس عمران آلمانی) جهات موازی، مرکزی، دوار و محیطی باشد .

۳-۵-۱-۱ . مصالح مورد استفاده

نوع مصالح مورد استفاده می تواند درساختمان این سازه ها بسیار مهم بوده و به دو بخش اصلی مصالح انعطاف پذیر و مصالح صلب طبقه بندی می شوند . ویژگی های مصالح و نیز نحوه اتصال آنها به یکدیگر در انتخاب نوع حرکت، سیستم عامل و جهت حرکت بسیار تاثیرگذار است.

۶-۱-۱ . معماری متحرک یا چرخشی (Kinetec)

معماری کینتیک گونه خاصی از معماری با تکنولوژی پیشرفته است که ساختمانها را قادرمی‌سازد تا متناسب با هدف پروژه، نیازهای کاربران، شرایط محیطی (محیط ساخته‌شده و اقلیم) و اقتضائات زمانی، انواع حرکت (اعم از واقعی، غیرفضایی و مجازی) را در اجزای مختلف سیستم از قبیل پوسته و نما، فضاهای داخلی، اجزای سازه وحتی کل ساختمان بصورت یکپارچه ایجاد کنند. این معماری به علت مباحث میان رشته‌ای و تعدد فناوری‌های درگیر با چالش‌هایی مواجه است و پیشرفت‌های علوم رباتیک، مکانیک و الکترونیک و سازه ای پاسخگو به طراحی کینتیک برای این رویکرد نوین ضروری است.(پورخسروانی وحمزه لو۱۴۰۰) معماری جنبشی براین باورتکامل یافت که استاتیک فرمهای همیشگی معماری سنتی دیگر پاسخگوی تغییرات عمده زمان حاضر نیستند . توانایی حرکت در اجزای ساختمان تنها به منظور ارتقای کیفیت و زیبایی ساختمان نیست بلکه عملکردی و پاسخ به محیط زیست است. این سبک در قرن بیستم شکوفا شد زمانی که پیشرفت هایی درعلوم مکانیک، الکترونیک و روباتیک اتفاق افتاد. از دیدگاه معماران و مهندسان ، معماری جنبشی بر این فرض استوار است که نیروی دینامیک، تطبیق پذیر و قابل عملکرد در طراحی ساختمان‌هایی می باشد که هدف سازه‌های مکانیزه شده و دگرگون شونده ، تغییر شکل ساختمان است، به نحوی که تطبیق پذیر با نیازهای مردم در فضای درون بوده و قابلیت سازگاری با عناصر بیرونی را دارد.

۲ . مطالعات و اصول معماری جنبشی و تغییر شکل پذیر

وجود معماری مدیون خلق فضا و درک فضا مدیون حرکت می باشد . با ساخت اولین بنای متحرک توسط دیوید فیشر، معمار ایتالیایی بنیانگذار معماری متحرک ، عصر تازه ای درمعماری، به نام معماری "جنبشی یا حرکتی" آغاز شد . با توجه به مفاهیم جدیدی که دیوید فیشر ارائه داد ، ساختمانها باید قادر باشند که تحت تأثیر باد یا خورشید حرکت کنند و در این حرکت با خواسته های ساکنان خود نیز هماهنگ باشند. معماری دینامیک (The dynamic architecture) ، معماری ای پویاست که در طول زمان قادربه تغییرشکل خود می باشد . بدین ترتیب دیوید فیشر ساختمانهایش را با چهار بُعد طراحی می کند؛ طول، عرض، ارتفاع و "زمان". بکارگیری بُعدچهارم یعنی زمان درمعماری بعنوان اصلی ترین بخش از فلسفه طراحی ساختمانهای دینامیک، منجر به خلق فضاهایی پویا می شود که علاوه بر آنکه از محیط پیرامون خود تأثیر می پذیرند، بلکه می توانند با نیازهای ساکنان و استفاده کنندگان بنا نیز هماهنگ شوند.

بعبارت دیگر، ساختمانهای دینامیک شکل جدیدی از آزادی را برای کسانی که در آن زندگی می کنند به ارمغان می آورند. برای اولین بار درتاریخ، آنها قادر خواهند بود که ساختمان خود را بواسطه جهت گیری طبقات آن طراحی کنند. بدین ترتیب شکل ساختمان دیگر تنها متکی به قلم معمار آن نیست بلکه از اراده ساکنان خود نیز تأثیر می پذیرد. حوزه معماری جنبشی ، تعاملی از حرکت جنبشی با محیط پیرامون است و چنین مفهومی بر روی زیبایی شناختی، طراحی و عملکرد ساختمانها تاثیرگذار می باشد . ایده حرکت درمعماری از طریق روشهای فیزیکی قابل بررسی بوده و جستجو و ارائه ایده این سبک برمحورحرکت و جنبش قابل مشارکت بصورت عملکردی درساختمانها و سازه ها استوار است. ویژگی اصلی این سبک درمعماری، خلق فرم های جنبشی و ترکیب با فناوری می باشد . تغییر شکل، مجاورت، قرارگیری بر روی یکدیگر، نهان و آشکار شدن، برخورد و اصطکاک، چرخش و ... از جمله تکنیک هایی است که توسط معماران استفاده شده و بیان کننده حرکت و تغییر می باشد .

۲-۱ . اهداف و اهمیت حرکت و تغییر فرم درمعماری جنبشی

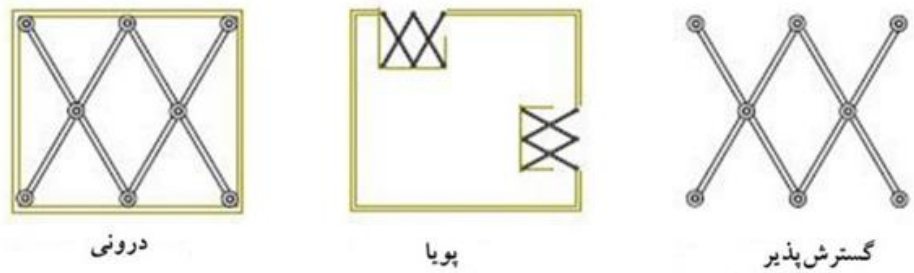
با توجه به مفاهیم و قابلیت های ذکر شده در بالا می توان مهم ترین اهداف و اهمیت حرکت و تغییر فرم درمعماری جنبشی در چنین ساختمانهایی را به شرح زیر بیان کرد:

- استفاده از پتانسیل‌های حرکتی سازه و ساختار فضاهای داخلی در جهت تامین امنیت و مطابقت با نیازهای کاربران
- انعطاف‌پذیری فضا، تامین دید و منظر مناسب و متنوع
- ایجاد کیفیت بهتر فضای معماری و تعریف جدیدی از فضا
- جذابیت و پویایی این سیستم صرف نظر از عملکردهای آن
- سازگاری با شرایط موجود و پتانسیل ارتقا و گسترش آن در آینده
- کاهش مصرف انرژی و ردپای کربن
- ایجاد پایداری در طراحی ساختمان
- تعدیل اثرات شرایط اقلیمی و بهبود شرایط حرارتی در داخل ساختمان با استفاده از نماهای متحرک
- روشهای پیشرفته ساخت
- توانایی تولید انرژی توسط خود بنا و به عبارتی، خودکفایی در تولید برق

۲-۲ . گونه شناسی معماری جنبشی

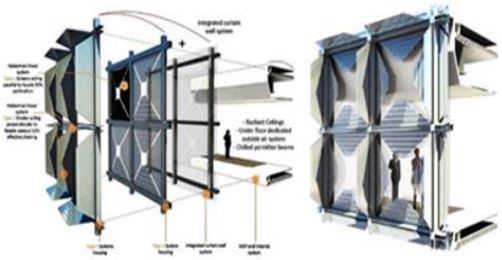
تکنیک‌های ساخت این نوع سیستم‌ها در نیمه دوم قرن بیستم میلادی با پیشرفت سیستم‌های الکترونیکی و دیجیتال توسعه چشمگیری پیدا کرد. استفاده از سیستم های متحرک در معماری دلایل مختلفی دارد واین نوع سیستم ها می توانند تاثیر بسیار زیادی درکیفیت ساختمان ها داشته باشند. از لحاظ طبقه بندی، سیستم های حرکتی در معماری به سه دسته کلی زیر تقسیم می شوند :

- سازه های حرکتی گسترش پذیر یا قابل توسعه
- سازه های حرکتی پویا
- سازه های حرکتی درونی یا جاسازی شده



شکل ۲- گونه شناسی انواع سازه های متحرک (ماخذ: https://build.behshahr-inv.ir)

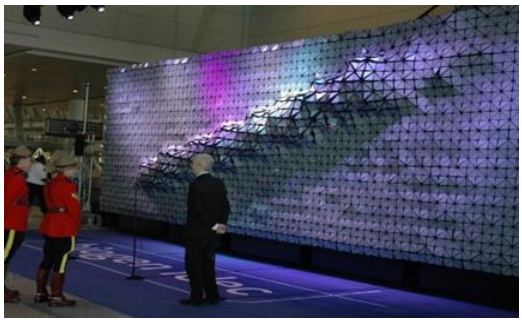
سازه های قابل توسعه یا گسترش پذیر عموما سازه هایی هستند که معمولا درمکانی موقتی قرار می‌گیرند و به راحتی قابل حمل و جابه جایی می باشند و ذاتاً دارای قابلیت ساخت و تخریب هستند . سازه های پویا ، سازه هایی هستند که در کل بزرگتری واقع شده‌اند و می توانند بصورت سیار و متحرک ، تغییرشکل دهند و یا با قابلیت رشد و افزایش ساختار ساخته شوند . سازه های درونی یا جای گرفته (جاسازی شده) سازه هایی هستند که به عنوان جزئی از معماری در مکان ثابتی قرار می گیرند. بیشتر نماهای متحرک و پاسخگو به شرایط مختلف در این دسته جای می گیرند زیرا نماهای متحرک معمولا بخشی از کل اجزاء ساختمان می باشند که بعنوان پوسته ساختمان عمل می کنند. آنها معمولا در محل خود ثابت هستند و مستقل عمل نمی کنند و جزئی جدا ناشدنی از معماری هستند. این سیستم به طور ویژه برای ساختمانی خاص با عملکردی مشخص طراحی می شود. از نمونه های دیگر این ساختارها می توان به سقفهای پاسخگو به شرایط مختلف، سیستم های موازنه کننده مانند سیستم های پاسخگو به نیروی باد و سیستم های پاسخ دهنده به شرایط داخلی برای ایجاد تغییر اشاره کرد .



شکل ۳- پروژه Helio Trace طراحی شده توسط چاک هابرمن، نمونه ای از سیستم درونی یا جاسازی شده (ماخذ: https://build.behshahr-inv.ir)

شکل ۴- نمونه ای از سازه های گسترش پذیر، پوسته کروی ، طراحی توسط لوئیس سانچز کوئنکا، اسپانیا (ماخذ: https://build.behshahr-inv.ir)

هریک از این طبقه بندیها دارای محاسن و اشکالات مخصوص بخود هستند. سیستم های گسترش پذیر معمولا برای توصیف معماری قابل حمل و نقل و اجزایی که قابلیت جمع شدن و بازشدن و برپایی در مکان‌های مختلف را دارند مورد استفاده قرار می گیرند. مانند چادرها، سازه های متحرک مانند کاروانها، خانه‌های متحرک، واحدهای کپسولی و بالنی و همچنین می‌توان به شهرهای متحرک مانند ناوهای هواپیمابر، ابرکشتی ها و هواپیماها اشاره کرد که از این نوع سازه ها هستند. این نوع سیستم ها درحالت‌های اضطراری و پیش‌ساخته سازی برای برپایی سریع مورد استفاده قرار می گیرند. از مزیت های آنها می‌توان به قابلیت برپاسازی و گسترش در شرایط مختلف اشاره کرد. بطور کلی این سیستم شبیه به چادرهای سنتی هستند که به راحتی برپا می شدند. برخلاف سیستم‌های گسترش پذیر، سیستم‌های متحرک و پویا درمحل خود ثابت می‌باشند ، اما برخلاف سیستم‌های درونی تاثیر زیادی برکل ساختمان ندارند. این ساختارها ممکن است شامل مواردی همچون عناصرمتحرک قابل کنترل (بدون عناصر پاسخگو) ، سیستم سیرکولاسیون حرکتی مانند آسانسورها ، سازه‌های گردان مانند خانه گل آفتاب‌گردان و نماهای متحرک سازه هایی از این نوع باشند. نماهای رسانه ای که برای اهداف زیبایی شناسی مورد استفاده قرارمی‌گیرند و تغییر شکل درآنها به نوع ساختمان و شرایط آن وابسته نیست در این دسته جای می گیرند. یک نمونه از سیستم های متحرک و پویا، پروژه HYPOSUR FACE می باشد. این نما ازهزاران قطعه سه ضلعی فلزی که به فعال کننده‌ها و حس‌گرها متصل شده اند تشکیل شده است و به مولفه های ورودی ازجمله نور، صداوحرکت، با تغییر فرم درمحدوده‌ای مشخص واکنش نشان داده و به شکل سیال حرکت می کند. این سیستم دارای جذابیت و پویایی است، اما به هرحال این نوع سیستم می تواند درهرمکانی صرف نظر از عملکردهای آن وجود داشته باشد.



شکل ۵- پروژه HYPOSURFACE طراحی شده توسط مارک گولتور(ماخذ : https://build.behshahr-inv.ir)

نماهای متحرکی که در این دسته قرارمی گیرند برای تعدیل شرایط زیست محیطی و بهبود شرایط حرارتی درداخل ساختمان بکار می روند. موفقیت این سیستم بر اساس جنبه عملکردی وهزینه اجرایی آن مانند ذخیره مصرف انرژی، کاهش مصرف انرژی و... ارزیابی می شود. همچنین این سیستمهای تعبیه شده بیشترین تاثیررا برروی ساختمان، کاربران و تامین آسایش حرارتی از طریق کنترل نور، تابش، و تهویه در داخل ساختمان دارند.

۳ . یافته ها

در این مقاله به منظورتحلیل رویکرد همه جانبه در ساختمانهای چرخشی و تغییر شکل پذیر، با چند نمونه از این ساختمانها و فناوری بکاررفته درآنها آشنا می شویم.

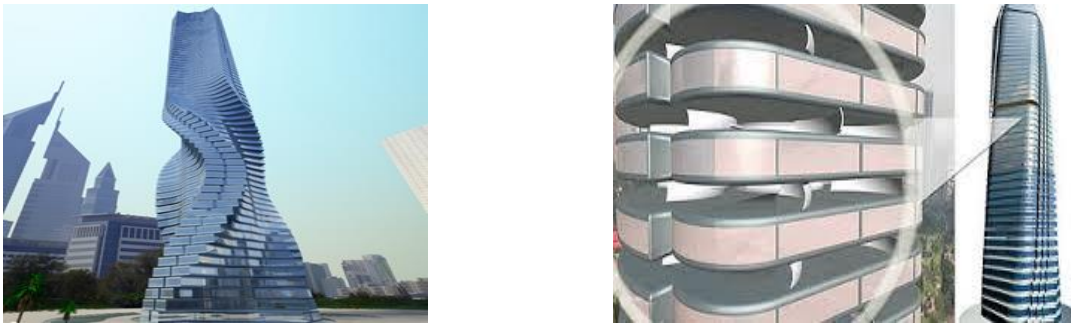
۳-۱ . موزه هنر میلواکی

موزه هنر میلواکی (Milwaukee Art Museum) که به آن MAM نیز می‌گویند، از زیباترین موزه‌های هنری ایالات متحده آمریکاست که در سال ۲۰۱۰ افتتاح شده است . معمارسانتیاگو کالاتراوا با الهام از بال پرندگان موزه هنر میلواکی را با مساحت ۱۳هزار مترمربع و طول بنا ۱۴۹ متر طراحی کرده است. بیشترین عرض بنا ۴۳ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۱/۳متر می باشد. وی در این موزه از بالهای مفصل دار که به دکل اصلی اتصال داده شده اند ، استفاده کرده است. این بال ها به خوبی حس پرواز را در موزه ایجاد کرده و درچشم اندازهای متفاوتی را در طول روز و شب به وجود می آورند، همچنین آنها برای کنترل نور و حرارت باز و بسته می شوند. این ساختمان یک نمونه عالی از معماری حرکتی در کنترل شرایط محیطی و همچنین ایجاد حس زیبایی شناسی است.

شکل ۶- موزه هنر میلواکی با بال های متحرک طراحی شده توسط کالاتراوا (El-Zanfaly, 2010)

۳-۲ . برج چرخان دوبی

ساختمان برج چرخان دبی که بلندترین ساختمان پیش ساخته دنیاست در سال ۲۰۰۸ توسط معمار معروف دیوید فیشر برجی با ارتفاع ۴۲۰ متر طراحی شد. این برج گردان ۸۰ طبقه، مدام تغییر شکل می دهد. درواقع ساکنین این برج هستند که تصمیم می گیرند کدام جهت را برای چشم انداز خود انتخاب کنند. آسمان خراش چرخان دبی چشم انداز ۳۶۰ درجه دارد . هر طبقه آن می تواند به طور مستقل بچرخد و در نتیجه فرم‌های متفاوتی



شکل ۷- برج چرخان دوبی ترکیب فن آوری با محیط زیست طراحی شده توسط دیوید فیشر (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

را در برج ایجاد کند . چرخش هر طبقه در این برج به میزان ۲۰ فوت در دقیقه است، بعبارتی دیگر چرخش کامل هر طبقه این برج در حدود ۹۰ دقیقه طول می‌کشد. طبقات گردان این برج به ستون مرکزی متصل هستند. این برج پویا انرژی خود را از توربینهای بادی که در بین طبقاتش قرار گرفته اند تامین می کند، از طرفی با قرارگیری سلولهای خورشیدی در بالای برج انرژی خورشیدی نیز به نیروهای بادی اضافه می شود. مجموع بهای این انرژیها در یکسال بطور تقریبی ارزشی معادل ۷ میلیون دلار است. هر توربین قادر است نیروی الکتریسیته ای معادل ۰/۳ مگاوات تولید کند. (هر توربین بادی معمولی و عمودی نیروی تقریبی ۱/۵-۱مگاوات تولید می کند) بدین ترتیب هر توربین میتواند انرژی ۵۰ خانوار را تامین کند.

۳-۳ . خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان)

خانه آفتابگردان (هلیوتروپ) یک خانه دوار درجنوب غربی آلمان می باشد، این ساختمان توسط معمار Rolf Disch طراحی شده است . این بنا اولین خانه در جهان است که ۵ برابر انرژی مصرفی اش را تولید و انرژی اضافی را به شبکه محلی می‌فرستد. این ساختمان انرژی صفرو سازگار با محیط زیست و به خانه آفتابگردان مشهور است قدرت چرخش ۳۶۰ درجه‌ای دارد تا صفحات خورشیدی آن نور خورشید را دنبال کنند و همین امر کارایی صفحات خورشیدی را به حداکثر می‌رساند. این خانه همچنین قابلیت گرم کردن آب مصرفی خود را دارد . یکی از جاذبه‌های اصلی این خانه، جدا از نیازهای پایین انرژی آن، مشاهده چرخش آن است. این ویژگی سبب شده است تا فضاهای داخلی خانه از نور و انرژی بیشتری بهره ببرند. پانل‌های خورشیدی که در سقف قرار دارد علاوه بر تولید انرژی، محافظ آفتاب و باران در روی پشت بام می باشند . همه طبقه‌ها از طریق پله مارپیچ که هسته مرکزی سازه بنا نیز می‌باشد به یکدیگر راه دارند که این خود باعث کاهش سطح راهروها شده است.

شکل ۸- خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان) طراحی شده توسط معمارRolf Disch (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

۳-۴ . ساختمان آل‌بهار ابوظبی

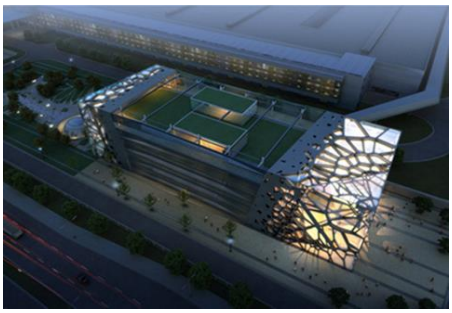
صدها سال پیش درخاور میانه از وسایلی برای ایجاد سایه و پناهگاه در مقابل تابش خورشید استفاده می‌شد که به آن‌ها مشربیه یا پرده معماری می‌گویند. اکنون آن سایه‌بان‌ها باز هم به عرصه‌ی معماری برگشته‌اند ولی با تلفیقی از تکنولوژی روز بطوری که علاوه بر دفع گرمای ساختمان، زیبایی خاصی به آن می‌بخشند.

شکل ۹- ساختمان آل‌بهار ابوظبی (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

معمار بزرگ Aedas برج‌های آل بهار درابوظبی را با قطعات کوچک مثلثی زیبا طراحی کرده است به طوری که این قطعات، به گونه‌ای با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا درمواقع مورد نیاز، بر فضای داخل ساختمان و پنجره‌ها سایه بیافکنند. معمارکریس ویلکینسون که یک داور برای جوایز نوآوری ساختمان‌های بلند می‌باشد، این سازه را این‌گونه توصیف می‌کند: " قطعات دینامیک بر روی آل بهار، با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا شرایط تابش نور خورشیدی بهینه را فراهم کنند. نمونه‌ی چنین چیزی در هیچ جا دیده نشده است. علاوه بر این، شکل ظاهری پوسته‌ی این ساختمان به خوبی با زمینه‌های فرهنگی این مکان همخوانی دارد و طرح زنبور عسلی نامیده شده است . سقف هردو برج شیب دار و مجهز به پنل‌های فوتوولتائیک است که ۵٪ انرژی ساختمان را تامین می کند."

۳-۵ . مرکز نمایشگاهی زوملاین

معماران کالیفرنیا Amphibian Arc یک ساختمان ترانسفورمر با شکلی تغییرپذیر برای یک شرکت ماشین آلات چینی با نمایی که مانند بال های یک حشره بزرگ آویخته می شوند ، طراحی کرده اند . مرکز نمایشگاهی ، برای سازنده خودروهای صنعتی Zoomlion با رتبه ۱۰ در جهان ، به تقلید ازحرکت عقاب ، پروانه ها و قورباغه طراحی شده است . پانل های لولایی شیشه ای و فولادی شباهتی به بال های سنجاقک دردو انتهای ساختمان دارند که بر روی بازوهای هیدرولیکی نصب شده اند که مانند ترانسفورماتور به آنها اجازه باز و بسته شدن می دهد . این اشکال حیوانی ، منعکس کننده ایده کمپانی از تعادل ظریف بین طبیعت و این ساختمان تقریبا بیونیک و خواسته آنان برای توسعه سازگار با محیط زیست بشر است و همچنین نمادهای فرهنگی - سنتی چینی را تداعی می کند : نماد رهبری (عقاب) ، کم دوامی و شکنندگی (پروانه) و شکوفایی (سنجاقک) . این ساختمان چهار طبقه ۱۰۰۷۶ متر مربع مساحت و ۲۶ متر ارتفاع و درسایت پارک علمی زوم لیون و شهر Changsha استان هونان به منظور نمایشگاه و نمایش محصولات در سال ۲۰۱۱ در کشور چین، ساخته شده است .



شکل ۱۰- مرکز نمایشگاهی زوملاین (ماخذ: http://forum.persianseven.ir)

۳-۶ . مجموعه اداری نمایشگاهی Kiefer Technic Showroom

معمار و طراح Ernest Giselbrecht به همراه شرکا، مجموعه اداری نمایشگاهی Kiefer Technic Showroom را طراحی کرده اند. ساخت این مجموعه در۲۰۰۶ آغاز شد و در۲۰۰۷ میلادی پایان یافت. زیربنای کلی مجموعه ۵۴۵ متر مربع و این مجموعه یک ساختمان اداری و فضایی نمایشگاهی می باشد که دارای نمایی محرک و پویاست . نمای این بنا ، بسته به شرایط بیرونی تغییرشکل داده و آب و هوای فضای درونی را بهینه سازی کرده و

شکل ۱۱- مجموعه اداری نمایشگاهی Kiefer Technic Showroom (ماخذ: http:// Google.com)

مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی را کاهش می دهد. این در حالی میسر می شود که کاربران قادر هستند تا فضای کاری خود را خصوصی سازی کرده و تحت کنترل خود درآورند. این نماها حتی در زمانی که افراد در اتاق های پشتی نمای متحرک حضور ندارند قابل تنظیم هستند .پوسته نمای این مجموعه شامل دیوارهای آجری صلب و کف و سقف های شکل گرفته از بتن مسلح و ستون های فلزی پر شده با بتن است. نمای مجموعه شامل پست های آلومینیومی و پلهای پیش آمده افقی است که به جهت حفاظت از سازه نما به کار برده می شوند و همچنین نمای EIFS که ازپلاستر سفید شکل می گیرد. صفحات ضد آفتاب بر روی کرکره های الکترونیکی پنل های آلومینیومی ساخته شده است.

۳-۷ . برج ترنینگ تورسو مالمو (Turning Torso)

برج پیچنده (Turning Torso) به معنی ستون پیچنده آسمانخراشی است در شهر مالمو سوئد که توسط آرشیتکت و مهندس عمران اسپانیایی سانتیاگو کالاتراوا طراحی و در ۲۷ اوت ۲۰۰۵ به طور رسمی افتتاح شده‌است.این برج ۵۴ طبقه‌ای ۱۹۰ متر (۶۲۳ فوت) ارتفاع دارد و مساحت کل زیربنای آن ۱۶۲۰۰۰ متر مربع می باشد . پس از اتمام پروژه این برج رتبه بلندترین سازه در کشورهای اسکاندیناویایی و دومین آپارتمان بلند پس از کاخ ۲۶۴ متری پیروزی در مسکو را از آن خود کرد. یکی از ویژگی های برج، فرم پیچ دار و غیر معمول آن است که به ساکنین این امکان را می دهد تا چشم انداز منزل خود را به محیط پیرامونی، انتخاب کنند. در این برج که بتن و فولاد ساختار اصلی آن را تشکیل می دهد نمای ساختمان متشکل از ۲۸۰۰ پنجره و ۳۱۰۰ پانل آلومینیومی است که جداره ای مستحکم در برابر وزش بادهای تند، تبادل حرارت و جلوگیری از نفوذ صدا و رطوبت محسوب می شود. انرژی مصرفی ساختمان ۱۰۰ درصد تجدید پذیر می باشد .تامین برق از طریق تکنولوژی sydkraft و انرژی داخلی تجدیدپذیرو تامین گرما توسط سلول های خورشیدی و مخازن آبهای زیر زمینی تامین می شود . آب باران مدیریت شده و در ساختمان از آن استفاده می شود . مصالح استفاده شده با محیط زیست سازگار می باشند.

شکل ۱۲- برج ترنینگ تورسو مالمو Turning Torso (ماخذ: http:// Google.com)

۳-۸ . خانه شریفی ها

خانه Sharifi-ha توسط شرکت معماری ایرانی دفتر دیگر (Next office) طراحی شده است. این ساختمان شامل ۷ طبقه بوده و دارای آسانسور، استخر و سالن ورزشی می باشد. از طبقه‌ی اول تا چهارم این بنا، به این فضاها اختصاص دارد؛ اتاق‌های خواب، سالن نشیمن و آشپزخانه. طبقه‌ی آخر خانه‌ی شریفی‌ها مخصوص اتاق کار و فضای بازی بچه‌هاست. بام سبز و استخر نیز در این طبقه گنجانده شده است، اما طبقات زیر زمین خانه‌ی شریفی‌ها اختصاص دارد به استخر، سونا، جکوزی، فضای تاسیسات، سالن ورزش و بیلیارد، سوئیت و پارکینگ.مسئله قابل توجه این است که این خانه دارای سه اتاق شبیه به جعبه های چوبی بزرگ است که با استفاده از یک سیستم دوار قابلیت چرخش دارد. خانه شریفیها در سال ۲۰۱۳ تکمیل شده و مساحت این بنا ۱۶۳۰ مترمربع است. یکی از ویژگی‌های برجسته‌ی این بنای حیرت‌انگیز متحرک بودن آن است .در خانه شریفی‌ها هنگام بسته شدن نما نورگیری تقریبا به نورگیر سقفی محدود می‌شود. یعنی خانه شریفی‌ها برای همراهی اقلیمی زمستان و تابستان (خصوصیت ویژه خانه ایرانی) در عوض روش سنتی (تغییر جهت نورگیری) از روش تغییر اندازه نورگیری استفاده می‌کند.

شکل ۱۳- خانه شریفی ها در تهران (ماخذ: http:// Google.com)

۴ . تحلیل یافته ها

در اکثرنمونه های موردی که بررسی گردید طراحی و اجرای ساختمانهای چرخشی و تغییر شکل پذیر با دیدگاه استفاده از انرژی خورشید و باد و معماری پایدار و با هدف ایجاد کیفیت بهتر فضای معماری ، تعریف جدیدی از فضا ، سازگاری با زمان حال و پتانسیل ارتقا و گسترش آن در آینده و نهایتا تولید و مصرف بهینه انرژی همراه است . بدین ترتیب معماری جُنبشی نماد فلسفه و تعریف جدیدی از معماری است که بواسطه آن بناها دارای بُعد چهارمی به نام «زمان» خواهند بود. بدین ترتیب ساختمانها دائماً درحال چرخش بوده و با توجّه به فصول مختلف، شرایط آب‌وهوایی و طلوع و غروب خورشید تغییر جهت داده و پاسخگوی نیازهای جدید در زمان معین خواهند بود . با این رویکرد و گرایشی نوین و انعطاف‌پذیر، حتی شهرهای آینده سیمایی هوشمند و متغیرخواهند داشت وتوسعه شهرهای هوشمند به معماران امکان استفاده کارآمد ازمنابع، مصرف پایین انرژی و ایجاد شهرهایی با حداکثر خودکارآمدی را می‌دهد که در این رابطه، بهره‌گیری از کلان‌داده‌ها می‌تواند پیشرفت معماری را تقویت کند زیرا درک چگونگی جابه‌جایی مردم، استفاده از انرژی و جنبه‌های مختلف تعامل در زیرساخت‌ها را برای معماران و مدیران ممکن می‌کند.

۵ . نتیجه گیری

هزاره های گذشته ، هزاره تلاش معمار برای تحقق ذهنیت های فضایی و بعبارتی گذر معماری از دنیای تصور به دنیای واقعی بوده است. بنظر می رسد هزاره آینده هزاره گذر معماری از واقعیت به دنیای تصور و مجاز می باشد که بستر تحقق تخیلات معماری خواهد بود . امروزه تکنولوژی ازتاثیرگذارترین مسائل برتمام شئونات زندگی انسان بوده و معماری نیزاز این امر مستثنی نمی باشد. نیازهای انسان با سرعت زیادی درحال تغییرند . بنابراین، زمان آن رسیده تا درمورد چالش طراحی محیطی و معماری تجدید نظرکنیم . چرا که همیشه شرایط جدید نیازهای جدیدی را به دنبال داشته و باید با تکنولوژی جدید زمان خود جواب داده شوند .باتغییر نحوه ساخت ساختمانها از شیوه سنتی به روش‌های مدرن و هوشمند ، بدون شک کیفیت زندگی درجوامع نیز تغییرخواهد کرد، و با تغییر عملکرد ساختمان‌ها و خانه‌ها، شاهد تأثیر مثبت فناوری بررفاه بیشتر و افزایش کیفیت زندگی انسان خواهیم بود. پایداری مهم‌ترین ویژگی ساختمانهای فناور بشمار می‌رود که به‌واسطه بهره‌گیری از فناوری تبعاتی مانند تأمین انرژی تجدیدپذیر، رویکردهای کارآمد حمل و نقل، سیستم‌های مدیریت انرژی خانه‌های هوشمند، دسترسی تمام شهروندان به خدمات سلامت و تجزیه و تحلیل خدمات عمومی را به دنبال دارد. در واقع، این ساختمانها توانایی بیشتری برای برآورده کردن نیازهای مردم، نهادها و کمپانی‌ها برخوردار هستند و به همین دلیل، کیفیت زندگی ساکنان در آن‌ها در سطح بالایی قرار دارد. از طرفی دیگر همانطور که می‌دانید مسائل محیط زیست مرتبط با ساخت و ساز ، ازجمله بازیافت نخاله‌های ساختمانی و بحران منابع آبی یکی از مهمترین مسائل دنیای امروز است و بطورکلی ساختمانهای آینده، به لحاظ فرایند طراحی و ساخت بسیار متفاوت تر از بناهای کنونی خواهند بود و به سبب پیشرفت تکنولوژی، فرایند ساخت و ساز با سرعت بیشتری انجام خواهد شد و ضایعات کمتری بجا خواهند گذاشت . در کشور ما هم مدتیست که چنین فعالیتهایی هرچند بصورت نمادین و انگشت شمار درحال انجام است ولی مشکلات اقتصادی و فرهنگ سازی و امکانات و دانش تکنولوژیکی و مقررات ملی ساختمان عوامل تاثیر گذار مهمی هستند که در این موارد بستر سازی و سرمایه گذاری زیادی لازم است . امید آن می رود که با توجه به مطالعات کاربردی در زمینه ساخت ساختمانهای مورد مطالعه ، به زودی ضوابط ساخت این ساختمانها در قوانین ساختمانی کشور ما نیز مقرر شود تا کشور ایران نیز به مانند بسیاری از کشورها به این مزایا دست یابد .

مراجع

۱ . پورخسروانی، ساجده و حمزه لو، سارا، (۱۴۰۰)، شناخت معماری کینتیک وفاکتورهای موثربرگونه‌شناسی آن، فصلنامه علمی معماری، مرمت و شهرسازی رف شماره ۲، دوره ۱

۲ . احمدنژاد، فرهاد، (۱۳۹۹)، بررسی مفاهیم حرکت و زمان در معماری ایرانی ، فصلنامه معماری شناسی، سال سوم ، شماره ۱۵

۳ . آقایی، مهسا، (۱۳۹۸) ، معماری واکنشی یا جنبشی یا پاسخگو(با بررسی نمونه موردی برج های البحر ابوظبی)، ششمین کنگره ملی عمران، معماری و توسعه شهری
۴ . عیسی زاده، سمیر، (۱۳۹۷) ، معماری پاسخگو وجایگاه آن درمعماری عصر معاصر، کنفرانس بین المللی عمران، معماری ومدیریت توسعه شهری درایران
۵ . ارمغان، مهتاب وثروت جو،حمید، (۱۳۹۰) ، معماری جُنبشی : انعطاف، هوشمندی وتطبیق‌پذیری، فصلنامه هنرمعماری، شماره ۲۳
۶ . فیض آبادی، محمود وتفاخری، سارا ودادخواه ،فاطمه ، (۱۳۹۵) ، کاربرد ساختارخلا درتولید فرم های منعطف و آزاد معماری ، چهارمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی درمهندسی عمران، معماری و مدیریت
۷ . برزویی، امیرو رحیمی،علیرضا ، (۱۳۹۶) ، دسته بندی گونه های معماری متحرک اجراشده در ایران و بررسی مکانیزم حرکتی یک نمونه از انها ، اولین کنفرانس بین المللی پیشرفت های نوین در مهندسی عمران
۸ . جلوانی اصفهانی ، علی، (۱۳۹۵) ، بررسی ویژگی های معماری تعاملی درجهت ایجاد ارتباط کاربر با محیط و فضای معماری ، ششمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری
۹ . باستان فرد، متین وهدایت نظری ، فواد وبنی انصاری ، حمیدرضا ، (۱۳۹۱) ، پتانسیل معماری جنبشی در خلق صور جدید فضا ، اولین همایش ملی اندیشه ها و فناوری های نو درمعماری
۱۰ . محمدی سربنانی ، وحید وبقایی ، آژنگ ، (۱۳۹۷) ، بررسی جایگاه حرکت و سکون در معماری و تاثیر آن بر طراحی اماکن ورزشی ، کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران تهران
۱۱ . اخوت ، هانیه سادات وبالی، مهسا، (۱۳۹۶) ، بررسی عملکرد نماهای متحرک هوشمند درساختمان ها ، نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش بنیان
۱۲ . روشنی، پروانه و خاکی ، آزاده و پورمهدی قائم مقامی، حسین ، (۱۳۹۴) ، بررسی ویژگی های تکنولوژیکی سازه های تغییر شکل پذیر برای تقرب به انعطاف پذیری در بخشهایی از معماری، کنفرانس بین المللی انسان، معماری، عمران و شهر
۱۳ . آصفی، مازیار وگرشاسبی ، علی، (۱۳۹۰) ، تحول نوین در معماری با استفاده ازعناصرتغییرشکل پذیر، دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه
۱۴ . طالبی، اشکان وطالب پور، احمدرضا ونظری، مسعود، (۱۳۹۶) ، خانه های هوشمند (مفاهیم وپیاده سازی)، چاپ اول .تهران: ناشردیباگران
۱۵ . تقی زاده،کتایون وگلابچی، محمود و وجدان زاده، لادن، (۱۳۹۷) ، معماری تغییر فرم پذیر، چاپ اول .تهران: ناشرانتشارات دانشگاه تهران
۱۶ . لین،گرگ،(۱۹۹۹) ، فرم پویانما (انیمیت فرم) ، ترجمه سید یحیی اسلامی وسیده صدیقه میرگذارلنگرودی، چاپ اول .مشهد : ناشر کتابکده کسری
۱۷ . طیبی، محمد، (۱۳۹۹) ، ساختمان‌های هوشمند: گامی در ایجاد شهرهای هوشمند، چاپ اول .تهران : ناشرزرین اندیشمند
۱۸ . فاکس،مایکل، (۲۰۰۹) ، معماری تعاملی : دنیای تطبیق پذیر، ترجمه الهام اسفندیاری فرد و سارا حمزه لو، چاپ اول .مشهد : ناشر کتابکده کسری
۱۹ . رازجویان، محمود، (۱۳۸۹) ، آسایش درپناه معماری همسازبا اقلیم، چاپ اول .تهران : ناشردانشگاه شهید بهشتی تهران

۲۰ . Chopra , Anil K. , (1981) , Dynamics of Structures , Originally published by Pearson Education .

۲۱. Asefi , Maziar , (2010) , Transformable and kinetic architectural structures: design, evaluation and application to intelligent architecture , Publisher : VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken .

۲۲ . Baird, George , (2013). Architectural Expression of Environmental Control Systems. Published by Taylor & Francis.

۲۳ . Beesley, Philiph , & Hirosue, Sachiko, & Ruxton, Jim , (2006) , “Toward responsive architectures”. Responsive Architectures : Subtle Technologies . Publisher : Cambridge, Ont.

۲۴ . Sharaidin, Kamil , (2014) , Kinetic facades: towards design for environmental performance . Publisher : RMIT University.