تبیین مولفه های تاثیرگذار انعطاف پذیری بر پویایی فضای داخلی
(نمونه موردی: دیوار متحرک در برج-باغ مسکونی)

سید علی سیدیان[۱]:دکترای تخصصی، مهندسی معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
a_seyedian@yahoo.com
فرناز رازانی[۲]: دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
fargolrazani@yahoo.com

چکیده

تغییر امری انکارناپذیر در زندگی است، چرا که افراد جامعه به طور مداوم در حال تکامل و تطابق با شیوه‌های جدید زندگی هستند. اگر چه نیاز به تغییر همواره در زندگی انسان‌ها بوده است، در عصر حاضر به دلیل پیچیدگی‌ها و تفاوت سبک های زندگی این نیاز، بیشتر است. اهمیت فناوری های پویا و تاثیر این سیستم ها در معماری، در ساختمان هایی با انعطاف پذیری فضایی زیاد به صورت جدی تری مطرح میشود. در ساختمان های بلند مرتبه مسکونی، با توجه به طیف گسترده جمعیت ساکن و نیازهای گوناگون از فضای داخلی، اولین رویکرد در طراحی مسکن، انعطاف پذیری است. این پژوهش، یک پژوهش کاربردی و توسعه ای است و با هدف معرفی مفاهیم پایه انعطاف پذیری و پویایی در دیوار متحرک به دنبال پاسخی برای این سوال است راهکارها جهت افزایش انعطاف پذیری در ساختمان ها کدامند. برای پاسخ به این سوال، ابتدا با مطالعه اسناد و مدارک کتابخانه ای و دانش روز دنیا، به مدل سازی نمونه ها و شبیه سازی با استفاده از نرم افزارهای رویت، راینو پرداخته شده است. بر اساس بررسی نمونه های گوناگون و مدل سازی و انتخاب نمونه بهینه از نظر، ابعاد و اندازه مدول ها، مصالح و نحوه اجرا، پاسخگویی به نیازها و بهینه سازی فضا انتخاب شد. بر اساس نتایج بررسی یافته ها، استفاده از دیوارهای متحرک در فضای داخلی، باعث انعطاف پذیری فضا و پاسخگویی بیشتر به نیازهای ساکنین خواهد شد. از جمله پیشنهادهای پژوهش برای توسعه در آینده، تلفیق سیستم دیوار متحرک، با سیستم های هوشمند و کنترل از راه دور می باشد. که در آینده جزو جدایی ناپذیر زندگی خواهدبود.

کلید واژه ها: انعطاف پذیری، پویا، دیوار متحرک.

---

۱ - نویسنده مسئول

۲ - این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد سرکار خانم فرناز رازانی می باشد.

مقدمه

نیاز به انعطاف پذیری محیط همواره از گذشته در جهت پاسخگویی به نیازهای کاربران به شمار رفته است. لازمست فضاهای مسکونی، جهت انطباق با نیازهای در حال تغییر باشند. دستیابی به یک نوع انعطاف پذیری، با حرکت یا پیکره‌بندی مجدد عناصر پیچیده است. نوع دوم آن، با استفاده از وسایل و اتصالات ثابت قابل تخریب سبک وزن می باشد مانند کف‌ها، دیوارها و پانل‌های سقفی متحرک. انعطاف‌پذیری با استفاده از قطعات متحرک و یا پلان آزاد، خلاقیت استفاده از فرم را به همراه دارد. ایده انعطاف پذیری به عنوان رویکرد طراحی کشف سال های اخیر نیست. (Magdizak, 2018) انعطاف‌پذیری فیزیکی اشاره به تطبیق‌پذیری فضا، مانند روبه‌رو شدن با نیازهای خاص احساسی یا حرکتی اشخاص دارد. کالبد فضا باید قابلیت تغییر داشته باشد تا دارای انعطاف‌پذیری باشد، همانطور که از دیدگاه لنگ "انعطاف‌پذیری در معماری به فضایی گفته می شود که برای پاسخگویی به نیازهای مختلف قابل تغییر باشد." (لنگ، ۱۹۸۷) .

مبلمان و دیوارهای متحرک و یا ساختمان‌ها، اتاق‌ها و مسیرهای گذر با قابلیت پیکره‌بندی مجدد، همه این نوع انعطاف‌پذیری را ارائه می‌دهند. مشارکت مردم در این فرآیند، امکان انطباق مسکن با نیازهای آنها را افزایش می دهد و در نتیجه رضایت عمومی از مسکن را بالا می برد. (زندیه و دیگران، ۱۳۹۰) با توجه به نیاز قابلیت پیکره بندی مجدد و متحرک سازی، نیاز به پویایی و نقش آن در تامین انطعاف پذیری بسیار مهم می باشد. در این خصوص مباحث معماری پویا از اویل دهه ۷۰ میلادی قرن اخیر و هنگامی بود که تکنولوژی جدید انفورماتیک و ارتباطات راه دور شکل گرفت از سال های ۱۹۹۰ به بعد زندگی فردی، اجتماعی افراد با ورود کامپیوتر و ارتباطات راه دور و در نتیجه بی معنی شدن فاصله ها، تغییرات بسیاری کرده، فضاها و مکان های فیزیکی و تعاریفشان، درست همانند چهره انسان در طول زمان دچار تغییر شده است و گاهی برخی از فضاها شکل مجازی به خود گرفته اند، به گونه ای که عمدتا عناصر و اجزا فیزیکی آنها جای خود را به کامپیوتر داده اند. (یوسفی نژادی و زندی، ۱۳۹۷).

با استفاده از فناوری های پویا، در خلق فضاهای منعطف و متحرک سعی در افزایش بازدهی و استفاده از مسکن انعطاف پذیر میباشیم. گرایشات اخیر در طراحی دیوارها در تلاش است تا سیستم‌های مکانیکی سنتی را با سیستم های یکپارچه چندجانبه و محرک‌های هوشمند جایگزین کنند که مسئولیت حرکت و کنترل مکانیزم را برعهده دارند. (Addington & Schodek, 2005) خاصیت معماری پویا و فناوری های آن، انعطاف پذیری در اجزای کالبدی فضا می باشد. دیوارهایی که به صورت مکانیکی قابلیت باز و بسته شدن دارند سال هاست که مورد استفاده قرار گرفته اند اما تفاوت این دیوارها با دیوارهای پویا در میزان و حالت انتخاب صحیحی حالت دیوار هاست(cheng-an & taysheng, 2008). دیوارهای هوشمند با تشخیص و فرمان مستقیم قادر خواهند بود فضای اشغال شده دیوار را تا حد نیاز یا به صورت کامل به صورت موقت حذف نمایند. این کاهش اشغال فضا به معنی افزایش فضای در حال استفاده است. پژوهش حاضر با بررسی فناوری های پویا و دیوارهای متحرک، در پی دستیابی به انعطاف‌پذیری فضای داخلی است.

۱- پیشینه پژوهش

کیفیت انعطاف‌پذیری فضای معماری از جمله مباحثی است که متفکرین از سالهای پیش به آن ورود تئوریک داشته و نظریه‌های متعددی در این زمینه ارائه شده است. برای مثال، رابرت ونتوری، معمار پست مدرنیست در بیان کیفیت انعطاف‌پذیری به چند عملکردی بودن یک فضا اهمیت می‌دهد و معتقد است کـه"ساختمان چندعملکردی محاسنی دارد.برای مثال یک اتاق می تواند در یک زمان یا در زمان‌های مختلف عملکردهای مختلفی داشته باشد." ادوارد هال در بیان خود راجع بـه انعطاف پذیری، تقریباً نزدیک به مدل کلی راپاپورت، آن را به صورت کلیت تشکیل شده از اجزا در نظر میگیرد و این گونه مینویسد: "از آنجا که عناصر سازنده هر فضای معماری تعریف کننده کلیت آن هستند، برای دستیافتن به فضایی انعطاف پذیر، باید عناصر سازنده اجزای آن نیز انعطاف پذیر باشند. عموماً در هر فضای انسان ساخت، سه گونه ساماندهی قابل تشخیص است. این سه گونه عبارتند از "فضای ثابت " شامل عناصر غیر قابل جابجایی از قبیل دیوارهای باربر، کف‌ها، پنجره‌ها و غیره."فضای نیمه ثابت" شامل چیدمان و اثاث قابل جابه‌جایی خانه و"فضای متغیر یا بی‌شـکل " که از ارتباط میان ساکنین و بهره برداران از خانه به وجود می‌آید. معمولا فضای ثابت، با سیستم سازه و سنت ساخت هر دوره ارتباطی تنگاتنگ دارد."(هال، ۱۳۷۶، ۱۵۶-۱۴۳).

به تعبیر جرارد مکرنور:"انعطاف پذیری به معنی یک تغییر بی‌پایان نیست و اشاره به فرمول خاصی ندارد."(جرارد مکرنور، ۱۹۹۸، ۴۰) هابراکن هم مانند گروتر از امکان تغییر ساختمان صحبت می‌کند ولی این بار متناسب با تغییر شرایط و این چنین میگوید: "مفهوم انعطاف پـذیری بـه عنوان قابلیت ساختمان برای تغییر فیزیکی و تطابق با توجه به تغییر شرایط تعریف شده اسـت. انعطاف پذیری"نوع جدیدی از به چالش کشیدن معماری است"(هابراکن ۲۰۰۸، ۲۹۱) راپاپورت در مورد ساختمان معتقد به وجود رابطه"جزء و کل"در ارتباط با اجزای متکثر آن می باشد. اینکه یک بنا را مجموعه‌ای گسترش یافته از رشد یک جزء و تبدیل آن به یک کل شامل اجزا می‌داند. بدین ترتیب انعطاف پذیری یک بنا را عمدتاً با قابلیت گسترده شدن(تکثیرپذیری) و یا بالعکس کوچک تر شدن آن جهت پاسخگویی به نیاز جدیدتر یا وسیع‌تر مرتبط میداند. در کتاب انسان شناسی مسکن تصریح می‌کند:" این فرضیه را بپذیریم که بنا یا ساختمان بومی بنایی تجمعی است یعنی گسترش آن از طریق افزایش یک جزء به جزء دیگر به دست می‌آید و ساده‌تر از اشکال انعطاف ناپذیر بناهای صاحب سبک خود را با تغییرات هماهنگ می سازد."(راپاپورت، ۱۳۸۸، ۶۴) در نگاه گروتر:"انعطاف پذیری تنها در یک سیستم و در ارتباط بین اجزای آن سیستم امکان‌پذیر است و لذا در هر مجموعه ای به شرط آن که سیستم تلقی نشود انعطاف پذیری ممکن نخواهد بود.

یک سیستم برای پاسخگویی به سلسله نیازهای مشخصی تعریف شده و شکل می‌گیرد و در چارچوب تغییرات آن نیازهای سیستم مستعد تغییرات خواهد بود، مفروض به عقیده گروتر" وقتی که در یک سیستم بدون آنکه به اصل سیستم یا عناصراصلی آن خللی وارد شود و امکان تغییر فضا متناسب با نیاز وجود داشته باشد، صحبت از انعطاف‌پذیری میشود، از آنجا که عناصر سازنده فضا، تعریف کننده آن فضا هستند پس به ناچار بایستی که برای انعطاف پذیری فضا این عوامل نیز انعطاف‌پذیر باشند." (گروتر، ۱۳۸۸ ،۲۵۷) گاهی انعطاف‌پذیری مترادف تطبیق پذیری به کار گرفته شده است، آنچنان که جان لنگ در کتاب آفرینش نظریه های معماری چنین آورده که "بعضی از محیط ها بدون تغییر و سازماندهی مجدد بسیاری از فعالیت‌ها را تأمین می‌کنند. بعضی از محیط ها برای تأمین فعالیت های مختلف بـه آسانی قابل تغییرند. طراحان محیط از واژه‌های مختلفی برای تعریف این دو وضعیت استفاده کرده‌اند. در اینجا مورد اول تطبیق پذیر و موردوم انعطاف پذیر است"(لنگ، ۱۳۸۸ ،۱۳۴). بنتلی در تعریف انعطاف پذیری، از امکان انتخاب پذیری در گرفتن کارکرد از یک فضا سخن می‌گوید و در کتاب محیط‌های پاسـخ‌ده این گونه می‌نویسد که"مکانهایی که بتوانند برای منظورهای متنوعی به کار آیند، در مقایسه با مکان هایی که برای کاربری مشخص و محدودی طراحی شده اند حق

انتخاب‌های بیشتری را به کاربران عرضه می دارند. محیط هایی که قابلیت عرضه چنین گزینه هایی را داشته باشند دارای کیفیتی هستند که آن را "انعطاف‌پذیری"می نامیم.

میتوان تعاریف متفاوتی از یک مسکن انعطاف‌پذیر ارائه نمود، ولی در یک تعریف کلی مسکن انعطاف‌پذیر، خانه‌ای است که به تمامی نیازهای ساکنان خود به صورت باالفعل پاسخ داده و نیز پتانسیل پاسخگویی به نیازهای آتی و بعضًا غیر قابل پیشبینی را نیز در خود داشته باشد. با توجه به پتانسیل‌ها و راه‌حل‌های متفاوتی که در یک واحد مسکونی برای پاسخگویی به نیازها و خواسته‌های ساکنان فعلی و آتی خانه گنجانده میشود، میزان انعطافپذیری مسکن نیز متفاوت خواهدبود. (عینی فر، ۱۳۸۲) در مبحث انعطاف‌پذیری مسکن، دو مفهوم متفاوت قابل تشخیص است که بعضًا به غلط به جای یکدیگر نیز مورد استفاده قرار میگیرند، تغییرپذیری و تطبیق‌پذیری .تفاوت بین این دو مفهوم در میزان تغییراتی است که افراد میتوانند در فضایی که در آن ساکن هستند ایجاد نمایند. خانه‌ی تطبیق‌پذیر، مداخله‌ای کمی فراتر از جابجایی مبلمان را برای اعمال تغییرات لازم دارد، درحالیکه خانه‌ی تغییرپذیرآماده‌ی پذیرش مداخالتی است که دگرگونی قابل توجهی را در یک ساختمان مسکونی ایجاد میکنند. (زبردست مقدم، ۱۳۹۵) به بیان دیگر، تطبیق‌پذیری، در انعطاف‌پذیری عملکردی و عملکردی-فضایی خلاصه میگردد؛ درحالیکه تغییرپذیری، بازگوکننده انعطاف‌پذیری ساختاری و ساختار-فضایی است. (دربندی، ۱۳۹۴) گونه‌های انعطاف‌پذیری تحت عنوان تنـوع‌پـذیری (مفاهیم چند عملکردی)، تطبیق‌پذیری (جابجایی فصلی و روزانه) و تغییرپذیری (تفکیک و تجمیع) تعریف شده‌اند. (شکوری و سید خاموشی، ۱۳۹۶) هیل اشاره می‌کند که انعطاف‌پذیری تفاوت‌های معنایی زیادی دارد، اما در اصل مطابق است با هماهنگی با تغییرات بین رخدادها، زمینه‌ها و استفاده از فضا. (Hill, 2003: 32)

مسکن انعطاف‌پذیر به عنوان مسکنی است که می‌تواند با نیازهای در حال تغییر کاربران وفق پیدا کند، شامل امکان انتخاب طرح‌بندی‌های مختلف مسکن قبل از اسکان و همچنین توانایی برای تنظیم مسـکن در یـک بازه زمانی، شامل پتانسیل ترکیـب فناوری‌های جدید برای تنظیم جمعیت در حال تغییر و یـا حتی بـه طـور کامل، تغییر استفاده ساختمان از مسکن بـه چیز دیگری می‌گردد مطرح می‌شود. (Schneider & Till 2005, 287)

طراحی براساس انعطاف‌پذیری فضا و ارتباط مطلوب با طبیعت در کنار طراحی فضاهای سکونتی با کیفیت مطلوب و تامین‌کننده آرامش و آسایش ساکنین آن با توجه به موضوع ساختمان‌های بلند مرتبه از موارد اصلی و مورد توجه این طرح می‌باشد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- تعریف انعطاف پذیری

مفهوم انعطاف پذیری به قابلیت خم شدن، تغییر پذیری، حساس نبودن به اصلاح یا تغییر، ظرفیت داشتن برای سازگاری با مقاصد یا شرایط مختلف تعریف می شود. (غفوریان، ۱۳۹۵) انعطافپذیری معماری یعنی پاسخگویی به شرایط جدید که همواره ضرورتی جدایی ناپذیر از معماری است.. (Mahdavi nejad & Et.al, ۲۰۱۳) انعطاف‌پذیری یک فضا تا حد زیادی به کاربران آن فضا بستگی دارد. تغییر استفاده از فضا ممکن است وابسته به تغییر تغییر درک کاربر باشد." (Imrie, ۲۰۰۶)

انعطاف‌پذیری فیزیکی اشاره به تطبیق‌پذیری فضا، مانند روبه‌رو شدن با نیازهای خاص احساسی یا حرکتی اشخاص دارد. مبلمان و دیوارهای متحرک و یا ساختمان‌ها، اتاق‌ها و مسیرهای گذر با قابلیت پیکره‌بندی مجدد، همه این نوع انعطاف‌پذیری را ارائه می‌دهند. (Mahdavinejad et.al, 2013)

پژوهش حاضر با بررسی دیوارهای متحرک، در پی دستیابی به نوع انطباق‌پذیر از انعطاف‌پذیری است.

دلایل نیاز به انعطاف پذیری را در سه گروه عمده تغییرات زندگی و تمایلات انسانی، دلایل اجرایی و توسعه و دگرگونی جوامع معاصر میتوان در نظر گرفت:

تغییرات زندگی و تمایلات انسانی این گروه از نیازها متاثر از دو محرکه اصلی انعطاف پذیری یعنی زندگی و تغییرات آن به عنوان نیروی بیرونی و تمایل به تحول بخشی ذاتی انسان به عنوان نیرویی درونی، ناشی میگردند و موارد زیر را شامل میشوند:

- تغییر نیازها در طی زمان (تغییر طولی نیازها): از آنجائیکه طراح بایستی به دنبال تامین زندگی مورد نیاز مردم در تمام ساعات شبانه روز، تمامی اوقات سال و حتی تمامی دوران زندگی باشد، تصور چگونگی پاسخگویی فضا به تغییر نیازها در کوتاه،میان و درازمدت، لزوم توجه به انعطافپذیری اثر را انطباق و هماهنگی زمان و مکان با نیاز کاربر، اهمیت داشته و همزمان شدن نادرست و نامناسب آن، عملکرد فضا را تحت تاثیر قرار می دهد.

از آنجائیکه افراد بشر خصوصیات منحصر بفردی دارند، از نیازهای متفاوتی برخوردارند. انسان ها بنا به اینکه در چه فرهنگی زیسته اند و بر اساس کدام دسته از پارادایم های دینی، اخلاقی، اجتماعی رفتار میکنند یا به چه طبقه ای تعلق دارند، با هم تفاوت دارند و نمی توان تعریفی یکه وقطعی برای زندگی آنها صادق دانست. ادوارد هال معتقد است که نوعی از فضا ممکن استبرای یک فرهنگ مطلوب و برای فرهنگ دیگر نا مطلوب باشد. فراهم آوردن امکان پاسخگویی به این کثرت و تنوع نیازهای کاربران مختلف در زمان و مکان، لزوم توجه به انعطاف پذیری اثر را روشن می کند.

از جمله عامل مهم در انعطاف پذیری، نیازهای متفاوت افراد و گروههای متنوع کاربران (تغییر عرضی نیازها) می باشد. که با توجه به تعریف انعطافپذیری، محیط می بایست قابلیت تغییرپذیری در پاسخ به ایجاد تنوع نیازها را داشته باشد. همه انسانها به حد متعادلی از ثبات و تنوع در زندگی روزمره نیازمندند. همانطور که تنوع بیش از اندازه موجبات اغتشاش و نابسامانی را ایجاد مینماید، یکنواختی مدام فضا و عدم وجود امکان تغییر و تنوع در آن، موجب کسالت بار شدن فضا میگردد. از تاثیرات دیگر، تاثیر تنوع و پیچیدگی منبعث از انعطاف پذیری بر پرورش خلاقیت ذهنی افراد میباشد. تاثیر میزان پیچیدگیهای محیط فیزیکی بر فرآیند خلاقیت از آن جهت است که پیچیدگیهای محیط، ناظر بر تکامل تدریجی خلاقیت ذهنی است. بر اساس تکامل تدریجی، مکانیسم خلاقیت مستقیما به تنوع، پیچیدگی و گوناگونی محیط مرتبط می شود.

۲-۲- فناوری انعطاف پذیری

انعطاف پذیری در طراحی مسکن معاصر را می توان- با توجه به تغییرات ابعاد زندگی و معیشت- به عنوان راه حلی برای جلوگیری از گسیختگی تعاملات بین جامعه، مردم و فضای زیستی در نظر گرفت؛ زیرا خانه را باید متناسب با نیازهای در حال تغییر انسان طراحی نمود. انعطاف پذیری به ایده انطباق در طول زمان اشاره دارد. بنابراین، مسکن انعطاف پذیری مسکنی است که می تواند با تغییر نیازهای کاربران سازگار گردد و به درک نیازهای مورد انتظار کاربران با مشارکت آنها منجر شود. مشارکت مردم در این فرآیند، امکان انطباق مسکن با نیازهای آنها را افزایش می دهد و در نتیجه رضایت عمومی از مسکن را بالا می برد. (زندیه و دیگران ۱۳۹۰، ۹۵)

تاثیرات تکنولوژی های جدید، تغییرات محیطی و اقلیمی، روابط اجتماعی، الگوها و سبک های زندگی و ساختارهای فرهنگی و ... در مسکن کاملا مشهود است. امروزه دامنه این تغییرات گسترش یافته و مسکن امروزی قادر به پاسخگویی نیازهای گوناگون کاربران نمی باشد. با توجه به گستره این تغییرات در آینده بی اعتنایی به مسکن پاسخگو، موجب عدم تامین نیازهای کاربران و در نتیجه عدم استفاده از فضا خواهد شد.

انعطاف پذیری به عوامل عملکردی، اجتماعی- روانی و اقتصادی وابسته است و در طول زمان با تغییر در نظام سکونتی خانواده، بعد خانوار و تغییر فعالیت های اعضای خانواده به اصلی مهم تبدیل می شود. (عینی‌فر، ۱۳۸۲، ۶۴) که لازم است همچون گذشته، در فرآیند طراحی مسکن رعایت گردد. امکان انطباق با تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از منافع و سودمندی های مسکن قابل انعطاف است. خانه های انعطاف پذیری که بتوانند با نیازهای متفاوت و متغیر افراد در طول زمان تغییر کنند و پاسخگوی تمام نیازهای آنها باشند - به گونه ای که به طور مثال بزرگ شدن فرزندان و نیاز به اتاقی مستقل، منجر به تغییر محل سکونت یک خانواده نگردد - تأثیر بسزایی در کاهش هزینه های حمل و نقل درون شهری اثاثیه به هنگام جابجایی و همچنین پایداری محلات دارند.

انعطاف پذیری در طراحی معماری تنوعی را ارائه می دهد که شامل امکان تنظیم و سازگاری واحد مسکونی در طول زمان است و در نهایت موجب می شود ساختمان، گونه های جدیدی از خود را به نمایش گذارد. معماران به منظور تأمین انعطاف پذیری باید نیازهای احتمالی کاربران را در فرآیند طراحی در نظر بگیرند و به عبارت دیگر در طراحی به «تفکر بلند مدت» نیاز است. در طول استفاده از مسکن، برای جابجایی اجزا ساختمان (دیوارها، کف ها و سقف ها وسازه) مفهوم انعطاف پذیری دیده نشده است. حال با استفاده از انعطاف پذیری معماری هوشمند و راهکارهای این معماری در خلق فضاهای منعطف و متحرک سعی در افزایش بازدهی و بازنگری در استفاده از مسکن انعطاف پذیر میباشیم. با کوچکتر شدن متراژ فضاها و هزینه بالا زمین و سطح اشغال فضاهای مسکونی در ساختمان، نیاز به بازنگری در نحوه ساخت میباشد. با استفاده از معماری هوشمند در طراحی فضاهای داخلی ساختمان مسکونی میتوان سرانه فضای مورد استفاده را افزایش داد. در فضاهای هوشمند میتوان فاصله های هر یک از دیوارها یا حتی کف ها و سقف ها یا سازه اصلی را با استفاده از خواسته های کاربران تغییر داد. هدف از این انعطاف پذیری افزایش فضای عملکردی خانه، هوشمندسازی و بالا بردن ارتباط با فضای سبز طراحی شده باغ در برج مسکونی میباشد.

۳-۲- نظریه ها و تعاریف معماری پویا

معماری هوشمند پویا است، بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه به نیاز، تقاضا و شمرایط متغییر و پویا تغییرمیدهد. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده ای قادر به تجربه اندوزی و استفاده از تجارب در سرایط جدیدی است و با این خصیصه پویایی و خود سازماندهیسامانه پذیر می گردد. (یوسفی نژادی و محمودی زرندی، ۱۳۹۷)

در کشور ما مفهوم هوشمندی در ساختمان صرفا به بخشی ازجریان در حال توسعه محدود بوده و رویکرد آن بیشتر به ابزارآلات الکترونیکی و الصاقی به بناها است. معماری هوشمند با بهینه کردن مصرف کردن مواد و انرژی و استفاده از انرژی های پاک سعی در آلوده نکردن محیط زیست دارد. (کامل نیا، ۱۳۹۲) در سمپزیسیون بین المللی معماری در سال ۱۹۸۵ میلادی درتورنتو عنوان گردید که (یک ساختمان هوشمند آمیزه ای است از ابداعات به همراه مدیریتی بدون نقص. که در این راستا و با داشتن این دو ویژگی سرمایه صرف شده تا حد زیادی باز می گردد. میتوان این تعریف از معماری هوشمند را اولین نظریه در این زمیه دانست که تعریف جامعی را از مفهوم بیان می کند.

در سال ۱۹۸۸ میلادی معماری به نام بریان اتکین تعریفی بیان نمود که می گفت: یک بنای هوشمند ساختمانی است که از وقایعی که در درون و برون آن رخ می دهد مطلع است و می تواند در مواجهه با این وقایه و برای به وجود آوردن محیطی دلچسب برای کاربرانش، موثرترین و بهترین تصمیمات را در همان زمان به خصوص اتخاذ کند. (امامقلی، ۱۳۸۹) که فرق اصلی با تعریف اولیه اضافه کردن فاکتور زمان به آنبوده است که سیستم را قادر به پاسخگویی سریع و در لحظه می دانسته. (یوسفی نژادی و محمودی زرندی ۱۳۹۷، ۳) در سال ۲۰۰۳ میلادی در مقاله تریستان استرک از اعضای دایره معماری رباتیک و طراحی بناهای هوشمند این تعریف را بیان نمود که، نوعی معماری که شامل اصلاحات و تغییراتی در فرم است تا به طور مداوم در برابر شرایط محیطی که آن را احاطه کرده اند، عکس العمل نشان دهد. (امامقلی ۱۳۸۹). او با تکیه بر انعطاف پذیری معماری هوشمند به دنبال پاسخگویی به مشکلات ساختمان از روش های جدید بود. در بحث مزایای معماری هوشمند مباحث راحتی و آسایش، ایمنی و امنیت، انعطاف پذیری، صرفه اقتصادی و مهندسی نوین مورد بحث و دسته بندی قرار می گیرد. حال با توجه به این دسته بندی به بررسی فضای داشمند در بخش های مختلف مباحث معماری هوشمند می پردازیم تا بتوانیم ارزیابی دقیقی از کارایی این سیستم داشته باشیم.

راحتی و آسایش: با قرار دادن فضای سبز در معماری هوشمند می توان مخاطرات و ناراحتی را کاهش داد و میان استفاده و مطلوبیت در استفاده کنندگان را افزایش داد.

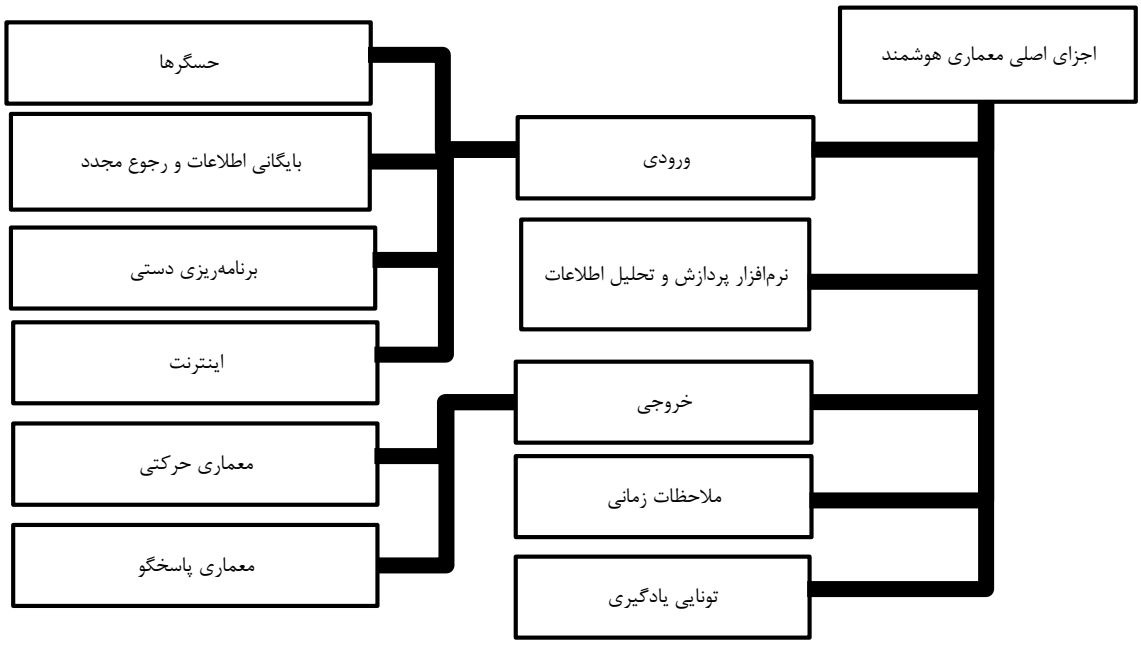
ایمنی و امنیت: میزان دقیق ایمنی به دلیل ثابت نبودن متغیرها در استفاده کنندگان قابل اندازه گیری نمی باشد اما به طور مثال درزمینه کاربرد هوشمند سازی، پلکان هوشمند به دلیل داشتن هوش مصنوعی و غالباسیستم های نشانگر عیب یابی، می توان ایمنی بالاتری را از ایمنی آسانسورها و پله های هوشمند در ذهن داشت. (یوسفی نژادی و محمودی زرندی، ۱۳۹۷)

انعطاف پذیری: اصلی ترین خاصیت معماری هوشمند انعطاف پذیری در اجزای خود می باشد. دیوارهایی که به صورت مکانیکی قابلیت باز و بسته شدن دارند سال هاست که مورد استفاده قرار گرفته اند اما تفاوت این دیوارها با دیوارهای هوشمند در میزان و حالت انتخاب صحیحی حالت دیوار هاست. دیوارهای هوشمند با تشخیص و فرمان مستقیم قادر خواهند بود فضای اشغال شده دیوار را تا حد نیاز یا به صورت کامل به صورت موقت حذف نمایند. این کاهش اشغال فضا به معنی افزایش فضای در حال استفاده است.

صرفه اقتصادی: با افزایش سرانه فضا مطلوبیت فضا افزایش می یابد و اینمطلوبیت فضا به افزایش تمایل به دیوار هوشمند می شود.

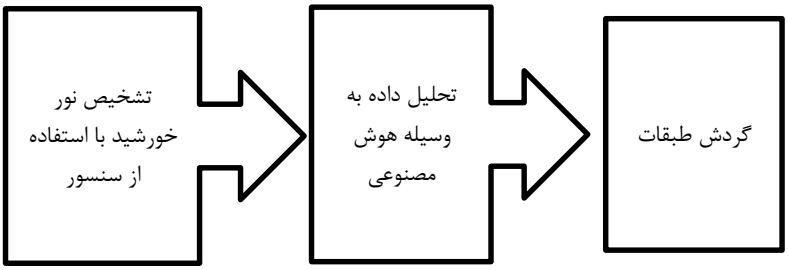
۱-۳-۲- اجرای ساختمان در طراحی معماری پویا

اجزای اصلی در معماری هوشمند به صورت ثابت و الگوریتم وار هستند که در نمودار نشان داده شدهاند. در این الگوریتم ورودی ها بر اساس سنسورهای محیطی دستگاه یا توسط کاربر و دیگر حالت تعیین می شود. در قسمت نرم افزاری، دیوار و کف طبقات تحلیل و پردازش شده و خروجی آن برای دیوار تغییر بازوهای مکانیکی و استفاده از تغییر الگوهای زنجیره ای برای طبقات می باشد. هر سیستم هوشمندی قابل برنامه ریزی و توانایی یاد گیری از تکرار آداب استفاده کنندگان را دارا می باشد.



نمودار ۲-۴. اجزای اصلی معماری هوشمند (کامل نیا ۱۳۹۲)

قابلیت متحرک سازی دیوارها و طبقات با استفاده از معماری هوشمند موجب افزایش کارایی فضا و رضایت از فضا میشود. موضوع طبقات که بخش مهم ساخت را شامل میشود با استفاده از نمودار ۲ در جهت انطباق با نور خورشید و استفاده از بعد چهارم زمان در فضا و افزایش انعطاف پذیری طراحی میشود.



نمودار ۲-۵. روش دریافت و انجام تغییر وگردش در طبقات(کامل‌نیا ۱۳۹۲)

۲-۴- طراحی ساختمان به وسیله معماری پویا

به طور کلی، کاربرد کامپیوتر در طراحی دیجیتال در غنی سازی طرح و اجرای آن می باشد، که برای یک طراحی و ساخت دیجیتال و هوشمند کامل، به سه بخش نیاز داریم:

۱- محیط تجزیه و تحلیل دیجیتال هندسه اشیاء (CAD)

۲- نرم افزار تولیده به کمک کامپیوتر (CAM)

۳- ماشین تولید کننده حجم بر اساس داده های دیجیتال (گلابچی ۱۳۹۶)

تکنیک های فرم یابی دیجیتال

۱- استفاده از دستور زبان شکل

۲- وارد کردن بعد چهارم (زمان)

۳- فرم یابی دیجیتال به کمک الگوریتم ژنتیک

۴-تکنیک برداشت حجمی از مدل (شرکت فرانک گهری)

۵- پیدایش فرم بر اساس ساختار سازه: روش چگالی نیرو یا روش لختی پویا

با توجه به موضوع رساله برج باغ داینامیک و مطالعات انجام گرفته در این زمینه، برای تامین انعطاف پذیری و تطبیق پذیری بیشتر با محیط و بهره گیری از انرژی خورشید، از تکنیک وارد کردن بعد چهارم زمان استفاده شده است.

تکنیک های طراحی دیجیتال

۱- تغییر شکل های زنجیره ای

۲- میان‌یابی هندسی

۳- فرآیندهای اتفاقی

۴- استفاده از عملگرهای منطی روی احجام

۵- هندسه فراکتال

تکنیک مورد استفاده در طراحی سازه برج باغ نیز در جهت تامین هدف رساله، تغییر شکل های زنجیره ای می باشد.

نمونه های استفاده شده از این تکنیک طراحی سازه، برج های ترنینگ تورسو کالاترا می باشد که در آن از اندام انسان ایده گرفته شده است و در طراحی آن از الگوریتم های تغییر شکل های زنجیره ای استفاده شده است. نمونه دیگر از این نمونه، برج مارپیچ شیکاگو می باشد که برای ساخت آن از دود، شکل های چرخشی چوست حلزون الهام گرفته شده استو بر اساس الگوریتم تغییر شکل های زنجیره ای طراحی شده است. برج های دینامیک فیشر(برج های داووینچی) نیز به همچنین، پارامترهای اساسی الگوریتم تغییر شکل های زنجیره ای، شکل و فرم طبقه و نحوه تکرار آن می باشد.

۵-۲- دیوار متحرک

دیوارهای متحرک ساده ترین و آسان ترین راه برای جداکردن فضا هستند که بیش ترین کاربرد را در رستوران ها، هتل ها و فضاهای داخلی ادارات دارند. تقاضا برای استفاده از این دیوارها به طور فزاینده در فضاهای مختلف رو به افزایش است. مطالعات اخیر تاثیر قابل توجه طراحی دیوار بر کیفیت فضای داخلی را با تاکید بیان نموده اند.

دیوارهای شفاف تاثیر مستقیمی بر تامین نورروز مطلوب، آسایش حرارتی و آسایش بصری دارد. عملکرد دیوارهای خارجی ساختمان نقش مهمی در کاهش بار سرمایشی در مناطق گرم دارد، به طوریکه دیوارهای خارجی موثرتر از دیوارهای داخلی بوده و تابش خورشید را قبل از ورود به ساختمان و تبدیل شدن به گرما را مسدود می‌کنند (نصراللهی۱۳۹۳). در واقع دیوار های خارجی می‌توانند تا ۹۰ درصد ودیوارهای داخلی تنها ۲۰ تا ۲۵درصد اثر حرارتی تابش آفتاب را در داخل یک اتاق کاهش دهند.(سجادزاده و دیگران،۱۳۹۴)دیوارها از نظر قابلیت حرکت و تنظیم شامل دو نوع ثابت و متحرک هستند. (نصراللهی ۱۳۹۳) دیوارهای قابل تنظیم اگر دقیق و مطابق با نیازهای گرمایشی، سرمایشی و روشنایی کنترل گردند، کاراتر از دیوارهای ثابت هستند ولی این دیوارها نیازمند سطح بالاتری از تکنولوژی و سرمایه گذاری مالی می باشند (نصراللهی ۱۳۹۳). دیوار متحرک انواع متنوعی را دارای می باشد که با توجه به طرح، ارتفاع فضا، نوعی باز و بسته شدن، جنس و عایق صوتی و ... به انواع متنوعی تقسیم می شود.

پیشینه مطالعات انجام شده در زمینه انواع سازوکارهای متحرک و به‌ویژه دیوار های متحرک بررسی شده است. سپس از میان مکانیزم‌های تاشو، یکی از نمونه‌های معروف و از لحاظ اجرایی چالش برانگیز انتخاب گردید و به طور خاص با تمرکز بر مصالح، استانداردها، اجزا، مکانیزم ساخت و ... مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به هدف مطلوب، روش پژوهش مناسب با آن نیز می بایست برگزیده شود. لذا پس از آن با روش تجربی و آزمون و خطا و مصاحبه با افراد اهل فن، بایستی چگونگی رسیدن به مکانیزم الگو را دریافت و در این راستا اجزا و قطعات ساخت را فراهم نمود. یکی از نکات مورد توجه در این بخش ساده سازی فرآیند برای رسیدن به سازوکار مطلوب و پرهیز از مصرف‌گرایی از لحاظ اقتصادی است. لذا پس از شروع به ساخت، نمونه در حال ساخت مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته تا با پی بردن به علل موفقیت و یا شکست آن سازوکار صحیح دیوار بدست آید. سپس توسط چندین نفر برای تعیین کارایی لازم جهت باز و بسته شدن راحت، تغییر زاویه ها به صورت کامل و مقاومت و پایداری کافی تست گردیده تا در صورت بروز خطا به صورت یک فرآیند رفت و برگشتی مکانیزم صحیح نهایی بدست آید. در نهایت باید یافته های پژوهش را بحث نمود تا بتوان به یک جمع بندی برای ساخت نمونه های دیگر در آینده رسید.

۲-۵-۱- انواع دیوار متحرک

فاکس (۲۰۱۱) گونه بندی جدیدی برای سازه های متحرک ارائه داد که در این گونه‌بندی این نوع سازه ها به سه قسمت تقسیم می‌شوند: ۱- سازه های متحرک قابل توسعه ۲- سازه های متحرک پویا ۳- سازه های متحرک جداسازی شده. در همین راستا وفامهر (۱۳۹۲) دسته بندی مشابهی انجام داد و دسته بندی سازه ای فاکس را زیرگروه ساختمان های هوشمند به صورت نمودار ۲-۱ عنوان نمود. پیش از آن ، آصفی و گرشاسبی (۱۳۹۰) با نگاهی جزیی‌تر، نوعی دیگر از دسته بندی را ارائه دادند. در این دسته‌بندی در گروه اول که براساس مکانیزم حرکتی است، سازه‌ها در ۸ شاخه و درگروه دوم که براساس عملکرد زیبایی‌شناسی است، در دو شاخه فعال و غیرفعال به صورت جدول ۲-۱ آورده شده است. هرچند دسته‌های ذکر شده درنگاه کلی برای سازه‌های متحرک مطلوب است، اما فهم دقیقی از چگونگی حرکت اجزا نمی‌دهد. از جمله مطالعات جامع و قابل اتکایی که دسته‌بندی جامعی از نحوه حرکت سیستم های معماری با ترسیم اشکال و نحوه حرکت ارائه داده است، مطالعه الخیات (۲۰۱۴) است که خلاصه جداول شکلی او بصورت شکل ۲-۱آورده شده است. او در مورد گونه شناسی حرکات در معماری به نقل از کتاب شوماخر(۲۰۱۰) بیان کرده که در معماری، عموما ساختارهای صلب رایج هستند که برای شکل دادن عناصر متحرک، غالبا توسط لولا به هم متصل می‌گردنند. ساختارهای ارتجاعی(الاستیکی) در عناصر متحرک در مقیاس کوچکتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مقیاس بزرگتر و در ظرفیت تحمل بار بیشتر، استفاده از ساختار ارتجاعی به ندرت اتفاق می‌افتد، به‌استثنای سازه های غشایی انعطاف‌پذیر. در این مطالعه، انتقال[۱] حرکت یک جز را در یک مسیر مسطح ثابت توصیف میکند. چرخش[۲] دوران عنصر را حول هر محوری ممکن میسازد. در حالیکه مقیاس گذاری، انبساط یا انقباض اندازه جسم را توصیف میکند. این‌ها اصول پایه جنبش هستند که با هم ترکیب میشوند تا حرکت پیچیده‌تری مانند غلتیدن[۳]یا پیچش جهت‌دار را تولید کنند(Alkhayat 2014, 819). دسته بندی عناصر صلب بر مبنای اینکه مفصل یا لولا در چه مکانی واقع شده است بدون در نظرگرفتن نیروی گرانش انجام شده است. در مطالعه فیوریتو و همکارن (۲۰۱۶) هم جدولی برای عناصر متحرک لحاظ شده ، منتها تفاوتش با قبلی در این است که عناصر صلب و تغییر شکل پذیر را به صورت یک گروه قرار داده و در گروه ترکیبی(چرخش + انتقال)، علاوه بر تاشدگی[۴]، غلتیدن و جمع شدگی[۵]، گسترش[۶] و فشردگی[۷] را نیز لحاظ کرده است.

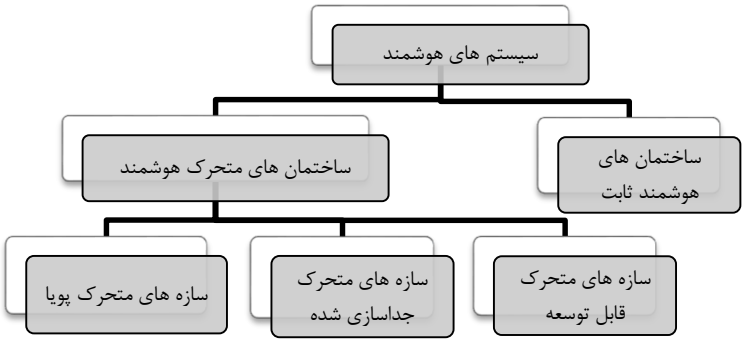
دسته‌بندی های ذکر شده عموما برای سازه‌های متحرک بیان شده است. اساس سازه‌های متحرک در مقیاس پروژه تاثیر عمده‌ای بر ماهیت اصلی طراحی می‌گذارد اما برای دیوارها اینگونه نیست و عدم دسته‌بندی دیوارهای متحرک و شناخت ویژگی های آنها به طور ویژه به عنوان گپ موجود شناخته می‌شود (محمدی قناتغستانی، خانمحمدی، و حسینی بی تا). از جمله مطالعات جامعی که به دسته‌بندی در مورد دیوارهای متحرک پرداختند، می‌توان به مطالعه داخیل و اوول (۲۰۱۱) اشاره کرد

---

[۱] translation
[۲] rotation
[۳] rolling
[۴] Folding
[۵] Gather
[۶] Expand
[۷] Contract

که با نگاهی به مطالعه مروری ملونی (۲۰۱۱) ، گروه بندی خود را ارائه دادند. به عقیده ملونی مکانیزم دیوار در پاسخ به شبیه‌سازی مکانیکی، شیمیایی و الکتریکی از طریق تاشدن، لغزش[۱] گسترش، جمع شدن[۲]و تغییرشکل یافتن[۳]در دیوار ها اتفاق می‌افتد. آنها سیستم های متحرک را مطابق شکل جدول ۲-۲ به طور جدا به سه زیرگروه تقسیم بندی کردند ودیوارهای متحرک بیرونی را به دو دسته دیوارهای چرخشی و تاشو تقسیم کرده و به عنوان مرسوم ترین دیوارهای متحرک مورد بررسی قرار دادند (Dakheel and Aoul 2017). همچنین به دلیل گستردگی موضوع با آوردن نمونه‌های واقعی در هر گروه تنها به همین دو دسته رایج پرداختند و بر خلاف دیگر مطالعات بررسی شده در این مطالعه، حتی نمونه هایی از دیوارهای متحرک را به عنوان نمونه ای از سیستم تاشو با حرکت در دو بعد قرار دادند.

در حالیکه این گونه ازدیوارها در اکثر مطالعات، در زیرگروه دسته تغییر شکل پذیر و انعطاف پذیر و یا ترکیبی قرار گرفته‌اند. از مطالعات انجام شده با نام گذاری بر اساس نحوه حرکت دیوارهای موجود در دنیا، دیوارها به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم شده اند .این نام گذاری ها تقریبا تمام انواع نمونه های موجود را به صورت جزیی شامل می‌شود. هرچند از لحاظ کلی هم پوشانی‌هایی دارند. به عنوان مثال پانل های آکاردئونی خود زیرمجموعه ای از دیوارهای متحرک تاشو محسوب میشوند و پانل های تاشو تنها به دیوارهای متحرک محدود نمی‌شود و مفهومی وسیع‌تر را دربردارد. همچنین به نظر می‌رسد با توجه به تعاریفی که در متون انگلیسی از واژه چرخشی آمده است، از جمله تعریف الخیات ، بهتر بود به جای آنکه معادلی برای دیوار رولی به کار گرفته‌شود؛ معادل دیوار محوری به کار گرفته می‌شد و برای رولی از واژه معادل غلتکی استفاده می‌گردید. در دیگر مطالعات هم پانل چرخشی اینگونه آمده است: دیوارهایی که طراحی شده‌اند تا حول محوری افقی یا عمودی، مبتنی بر موقعیت صفحاتشان بچرخند(Orsi 2009).از اجزای عمده این دیوارها می‌توان لوورهای شیشه‌ای، لوورهای فلزی و لوورهای چوبی و گچی(آکوستیک) را نام برد.(Dakheel and Aoul 2017)



تصویر۲-۱. انواع سازوکار های دیوارهای متحرک (وفامهر۱۳۹۲).

جدول ۲-۱. جدول دسته بندی مکانیزم های متحرک(آصفی و گرشاسبی، ۱۳۹۰)

انواع دسته بندی مکانیزم های متحرک	
حرکت و جابجایی مکانیکی	عملکرد و زیبایی شناسی
[۴](قیچی)	فعال(active)
[۵]تاشونده	
چرخشی[۶]	
لغزشی[۷]	
نیوماتیک[۸]	غیر فعال(passive)
تنسگریتی[۹]	
کششی[۱۰]	
تودرتویی[۱۱]	

یک نوع موثر از سیستم های دیوارهای متحرک، پانل های تاشونده یا پانل های اریگامی شکل است. این نوع از دیوارها در چندین شاخه مهندسی به‌کار برده می‌شوند که به صورت سازه‌های تعدیل‌پذیر و قابل پیکربندی مجدد وجود دارد. هندسه‌های تاشونده در علوم مهندسی پزشکی و برنامه‌های فضایی و هوایی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. (Dakheel & Aoul 2017) با این وجود استفاده از اریگامی تاشو در معماری، به ویژه در دیوارها اخیرا تجربه شده است. پانل های تاشو هنگامی که نصب می‌گردند، غالبا تیپولوژی‌های حرکتی متفاوتی دارند؛ مانند: حرکت چرخشی (دورانی)، انتقالی. فیوریتو و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان داشتند که به طور کلی حرکت پانل های تاشو در دو گونه غالب بررسی می‌گردد: ۱) حرکت انتقالی که تغییرشکل دوبعدی را شکل می‌دهد. این حرکت خطی است و سطوحی از

---

[۱] Sliding
[۲] shrinking
[۳] Transforming
[۴] scissor-type
[۵] Folding
[۶] rolling
[۷] sliding
[۸] pneumatic
[۹] Tensegretty
[۱۰] tensile
[۱۱] nesting

تنظیم پذیری در پوسته ساختمان را از طریق تغییر در اندازه بازشدن و همپوشانی لایه‌ها ممکن می‌سازد. ۲) حرکت چرخشی که تغییرشکل سه‌بعدی را شکل می‌دهد و یک حرکت گردشی را یا بر روی یک محور یا هردورا برمحور های متفاوت انجام می‌دهد. در هردو تیپولوژی محرک نیاز است که یا می‌تواند کاملا درون دستگاه جای بگیرد با اینکه به طور استراتژیک واقع شود تا یک اقدام خاص را راه‌اندازی کند. از طرفی دیگر آن مطالعه و دسته‌ای دیگر از مطالعات، این پانل ها را ترکیب توامان چرخشی و انتقالی هم دانسته اند که در دسته دیوارهای متحرک ترکیبی قرار میگیرند.(Alkhayat 2014, 819) (Schumacher et al. 2010) (Fiorito et al2016)

یکی از بزرگترین مزایای دیوارهای متحرک قابلیت تطبیق پذیری آنها در یک فضا براساس نیازی خاص می باشد. این دیوارها، راه حل هایی شخصی و موقت برای هر کاربر را تامین می کنند.

پانل ها به عنوان یک دیوار پرده‌ای عمل می‌کند و در داخل ساختمان در یک قاب مستقل قرار گرفته است. غالبا هر دیوار از تعدادی پانل های چوبی تشکیل شده است. تمام پانل ها توسط نیروی انسانی در مسیر خطی هدایت می شوند.مسیر حرکت پانل ها توسط یک ریل خطی از پیش برنامه‌ریزی شده تنظیم می شوند که در طول شبانه روز به هر تعداد دفعات قابل جابه جایی هستند. نیروی انسانی در مسیر خطی پانل ها را حرکت داده و پنج ساختار کاربردی مختلف را از کاملا باز تا کاملا بسته اجازه می‌دهد.(Barozzi et al 2016, 278) هر پانل فایبرگلاسی طبق مسیری که برای آن تعیین شده، با نیروی محرکه انسان در مسیر حرکت کرده و قابلیت گشایش یا بستن فضارا فراهم می کند.

۳- روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی است و فرآیند آن شامل جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای و همچنین بررسی نمونه های موردی اجرا شده و دانش روز دنیا است. سپس با استفاده از این اطلاعات مدل سازی انجام شده و در این راستا نمونه های مختلف با ویژگی های انعطاف پذیری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از تحلیل و آنالیز نمونه ها در راستای دستیابی به هدف پژوهش به کار گرفته شده است .مدل سازی دیجیتال و تجسم طراحی به یک ابزار سنجش تبدیل شده است. در روش های سنتی از ابزارهای دو بعدی برای ترسیم معماری استفاده می شد اما امروزه نرم افزارهایی در طراحی به کار گرفته می شوند به ابزارهای هوشمند سه بعدی بر اساس مدل سازی پارامتریک تبدیل شده اند. واژه پارامتریک از ریاضیات)معادله پارامتری(گرفته شده است و به معنی استفاده از پارامترها و متغیرهایی است که می توانند برای بهبود نتیجه تغییر پیدا کنند. اغلب طرحها قبل از اجرا به کمک نرم افزار و به صورت پارامتریک مدل سازی و محاسبه می شوند. (Ljubas & Match, 2011, 337)مدل سازی دیوار متحرک با استناد به هندسه مدولار پانل های تشکیل دهنده دیوار متحرک جهت مدلسازی تعمیم پذیر است. مدل سازی به کمک نرم افزار نوعی همسان سازی نمونه واقعی در فضای مجازی است که به ما امکان بررسی انعطاف پذیری مدل را می دهد. (Felbrich & et.al, ۲۰۱۴, ۱۷۴)الگوی جمع شونده پانل های دیوارمتحرک به استناد به هندسه به دست آمده از تحقیقات، توسط نرم افزار با مصالح مورد استفاده برای فضای مسکونی، مدل سازی شد و مورد تحلیل قرار گرفت.

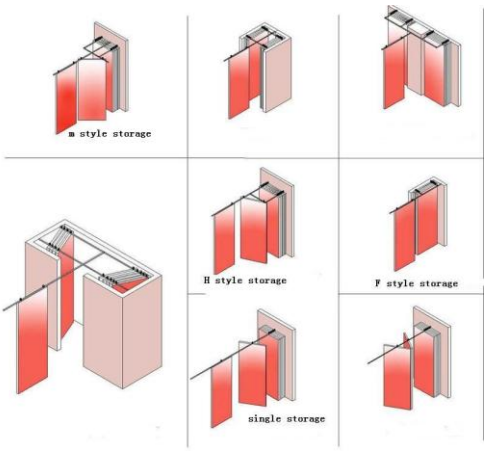
۴- یافته ها

مدل سازی دیوار متحرک توسط نرم افزار Revit تحت انواع شرایط، پلان ها و مساحت ها و دسترسی های متفاوت مورد بررسی قرار گرفت تا صحت بهینه سازی فضا و انعطاف پذیری فضای داخلی مشخص شود. عوامل موثر بر انعطاف پذیری کالبد فضا از روش تطبیق پذیری عوامل کالبدی (در اینجا دیوار متحرک) میسر می شود .بر اساس نتایج می توان با بهره گیری از الگوی جمع شونده جهت استفاده بهینه از فضا استفاده و توانایی انطباق پذیری با شرایط محیطی و نیازهای مختلف کاربران را دارد. مدل مختلف این دیوارها جهت تطبیق پذیری با شرایط گوناگون، با بهره گیری از الگوی جمع شونده برمبنای زیر شاخه های بهینه سازی فضای شامل موارد زیر می باشد:

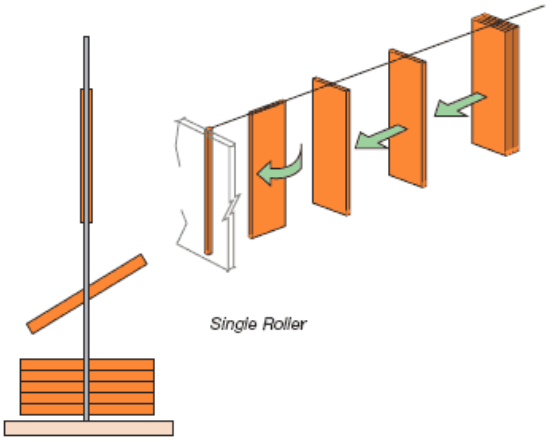
۴-۱- حرکت پانل های دیوار متحرک در محور X

در پژوهش حاضر، حرکت رفت و برگشتی (چرخه ای) در محور X مورد بررسی می باشد از انواع دیگر تامین انعطاف پذیری فضا در محور Z ،که شامل سقف ها و کف های متحرک می باشد و به پژوهش های آتی موکول شده است. در بهینه سازی فضای داخلی با استفاده از انعطاف پذیری فضای داخلی، در محور Z پایداری و تعادل دیوار و در محور X انعطاف پذیری و تغییر پذیری لازم را در راستای انطباق کالبد با محیط پیرامون و نیازهای افراد را شاهد هستم.

الف- بهینه سازی در ابعاد و اندازه: الگوی جمع شونده پانل ها، با جمع شدن مدول ها و عدم تغییر در ابعاد طول و عرض الگوی پانل ها می توان با اختصار فضایی برای جمع شدن پانل ها می توان فضایی با ابعاد و اندازه منطبق با نیازها ایجاد نمود.



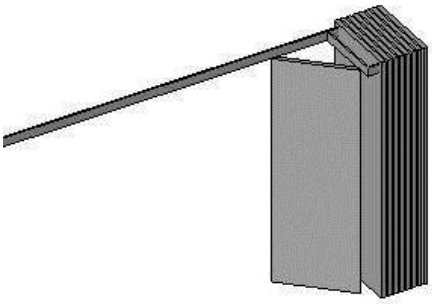
تصویر ۱. انواع جمع بندی پانل های دیوار متحرک داخل فضا(نگارندگان)



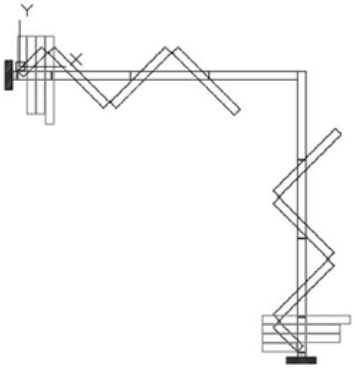
تصویر۲. سازه تطبیق پذیر با الگوی جمع شونده(نگارندگان)

۲-۴. بهینه سازی در شکل و فرم فضا داخلی

در خلق پوشش فضایی با بهره گیری از انعطافپذیری الگوی جمع شونده فرم های مختلفی می توان ایجاد نمودکه متناسب با محیط قابلیت تطابق دارند.



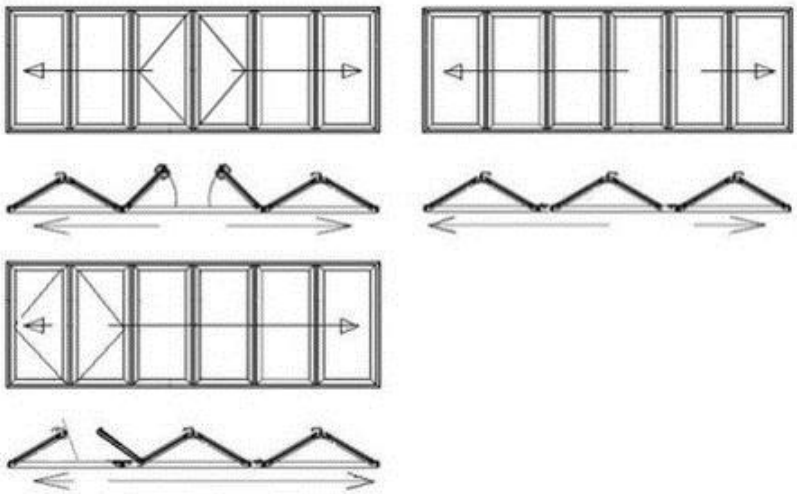
تصویر ۳. الگوی جمع شونده با فرم محور حرکتی خطی شکل(نگارندگان)



تصویر ۴. الگوی جمع شونده دو محوره(نگارندگان)

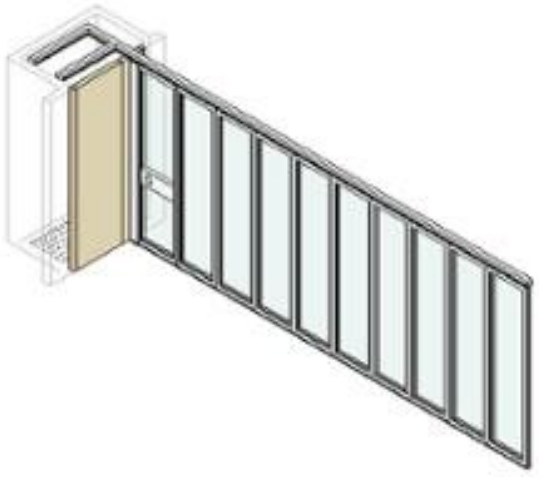
۳-۴. انطباق پذیری در محل قرار گیری عناصر معماری

به کمک برش یا حذف برخی از اعضای سازنده الگو می‌توان چیدمان عناصر معماری مانند ورودی و خروجی را مناسب با نیاز کاربران و شرایط محیطی تعیین نمود.



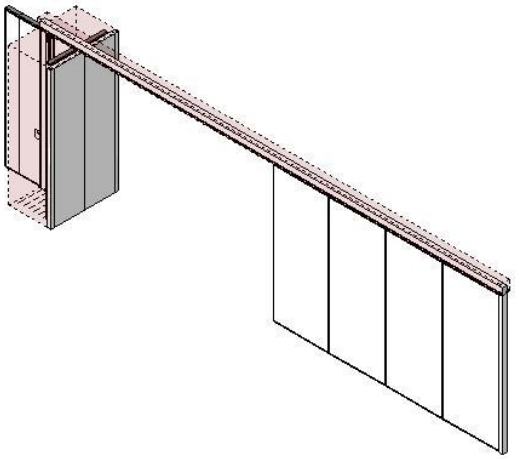
تصویر۵. نمونه ای از چیدمان الگوهای پانل جهت شکل داده به عناصر معماری(نگارندگان)

در تصویر فوق پانل ها به صورت متصل به هم با حرکت در هر دو جهت راست و چپ بسته و باز می شوند.

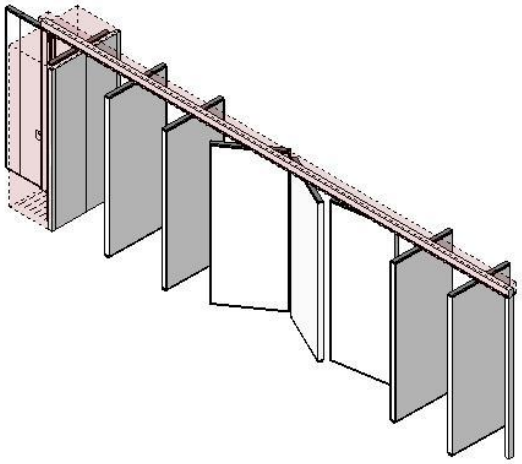


تصویر۶. جمع شونده با فضای طراحی شده(نگارندگان)

در تصویر۶ با پیش بینی و طراحی فضایی برای جمع شدن پانل ها در عناصر کالبدی فضای داخلی، به عنوان فضایی با پوشش و مخفی از دید، می توان به استفاده مفید تری از فضا دست یافت. با توجه به انتخاب نوع ریل مناسب جهت حرکت این دیوارها، میتوان به الگوهای متفاوتی در فضا دست یافت.

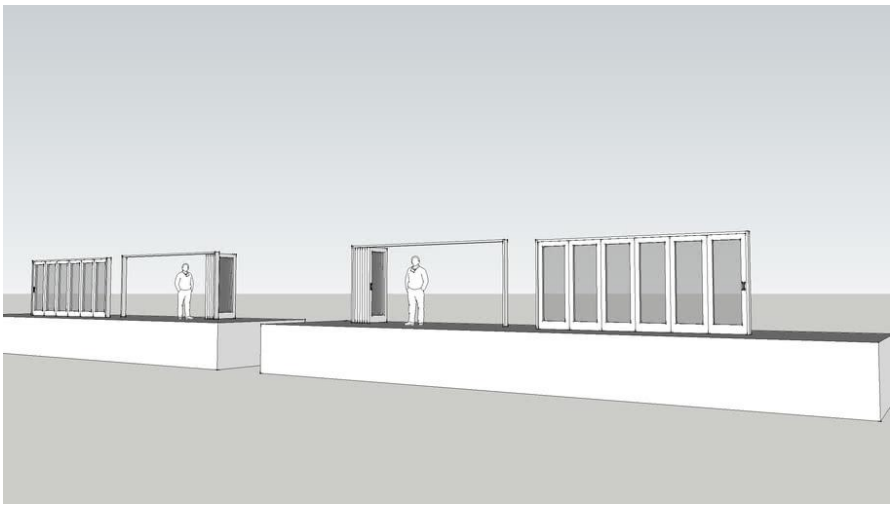


تصویر۷. حرکت آزادانه پانل های تک محوره(نگارندگان)



تصویر۸. جمع کردن تعدادی از پانل ها و استفاده از تعدادی از آنها(نگارندگان)

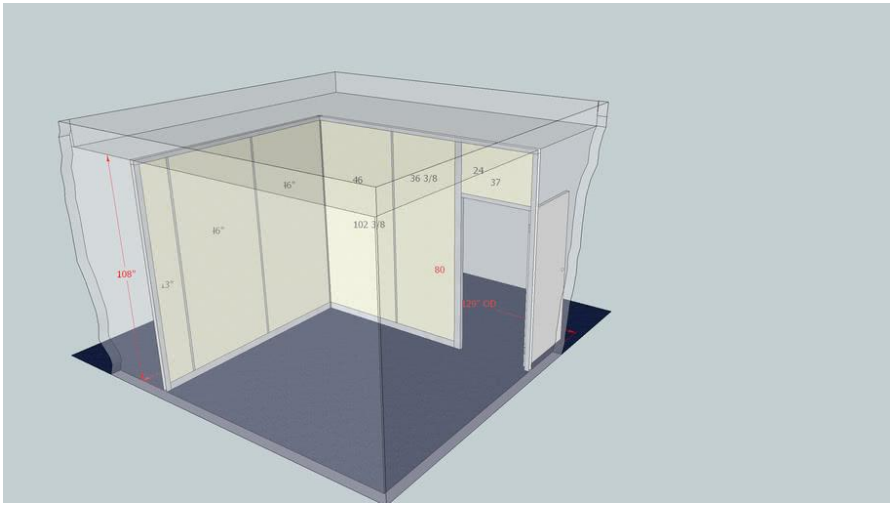
از جمله مزایای این دیوارهای متحرک، در تامین انعطاف پذیری، دادن انتخاب های متنوع و گوناگون در خلق فضایی جدید با کاربری متفاوت می باشد. با استفاده از این دیوارها می توان فضاهایی با ابعاد، فرم و ویژگی های متفاوت خلق کرد. به این صورت که فضاهای بسته، نیمه باز و باز را با استفاده از این دیوارها فراهم کرد. (تصویر ۷، قابلیت خلق فضای نیمه باز)



تصویر۹. جمع شدن دیوار و گشایش فضا(نگارندگان)

۴-۴. تطبیق پذیر در تنوع و گوناگونی

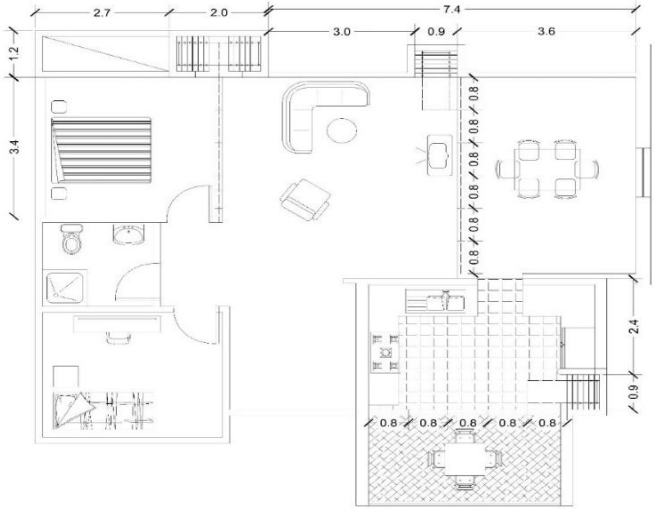
الگوی جمع شونده دیوار متحرک دارای قابلیت تنوع در رنگ ها و مطالح مختلف است. از لحاظ ابعاد کلی کالبد فضایی نیز با محیط های گوناگون قابل تطابق می باشد.



تصویر۱۰. تنوع و تطابق در کالبد با بهره گیری از الگوی جمع شونده در فضای اتاق(نگارندگان)

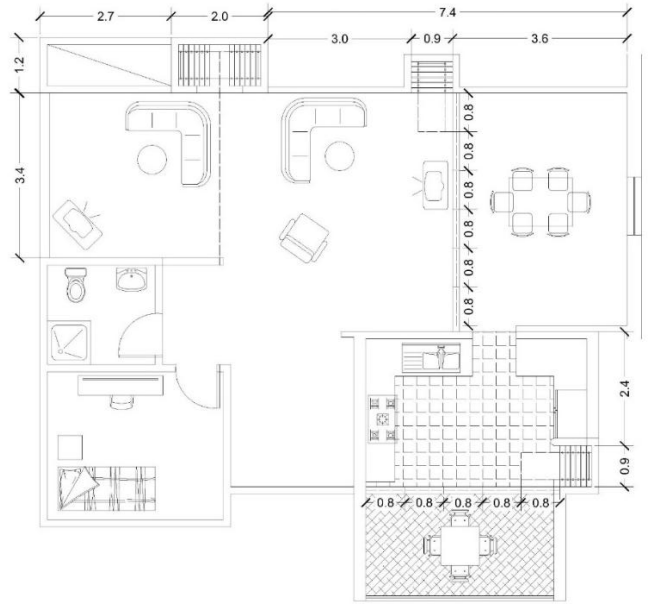
۵- تجزیه و تحلیل یافته ها

هنگام جداسازی یا بستن فضاها، مهم است که راه حل هایی را استفاده کنیم که با پروژه ما سازگار شوند. در این مرحله نه تنها مصالح مورد نیاز برای تکمیل پروژه بلکه نحوه تعامل محصول نهایی با افرادی که از آن استفاده می کنند و تعامل دارد، بسیار مهم است. برخی از راه حل های بسیار توصیه شده مکانیسم های قابل تاشو، قابل جمع شدن، انباشته یا آویز کردن است که به فضای داخلی و خارجی اجازه می دهد بدون اینکه کاملاً عملکردهای فردی خود را از دست دهند، یکپارچه شوند. برای مثال؛ سیستم های دیوار متحرک شیشه ای قابل اجرا در فضای مسکونی، که برای برآورده کردن نیازها برای هر پروژه قابل تنظیم است. با استفاده از این دیوارها میتوان به انواع مختلف چیدمان ها و استفاده های متنوع از یک فضا و پاسخگویی به عملکردها و نیازهای گوناگون دست یافت. برای مثال، چیدمان یک واحد مسکونی با دو اتاق خواب برای یک زوج را درنظر بگیرید. با استفاده از دیوار ثابت و غیر متحرک امکان حذف اتاق خواب و ایجاد فضای هال و پذیرایی یا آشپزخانه گسترده فقط در صورت تخریب دیوارها و آسیب به محیط زیست و هزینه های زیاد است. به علاوه درآینده ممکن است نیاز به اتاق خواب اضافه در فضا وجود داشته باشد. برای جلوگیری از این امر، استفاده از دیوار متحرک امکان تبدیل فضاها به یکدیگر، گشایش ها و کاهش فضاها میسر خواهد شد. (تصویر ۱۱)



تصویر۱۱. استفاده از دیوار متحرک و ایجاد واحد دو خوابه(نگارندگان)

در صورت عدم نیاز به واحد دو خواب بدون نیاز به جابه جایی، میتوان دیوار را بر داشت و تبدیل به یک واحد با فضای هال و پذیرایی بزرگتر شد. (تصویر۱۲)



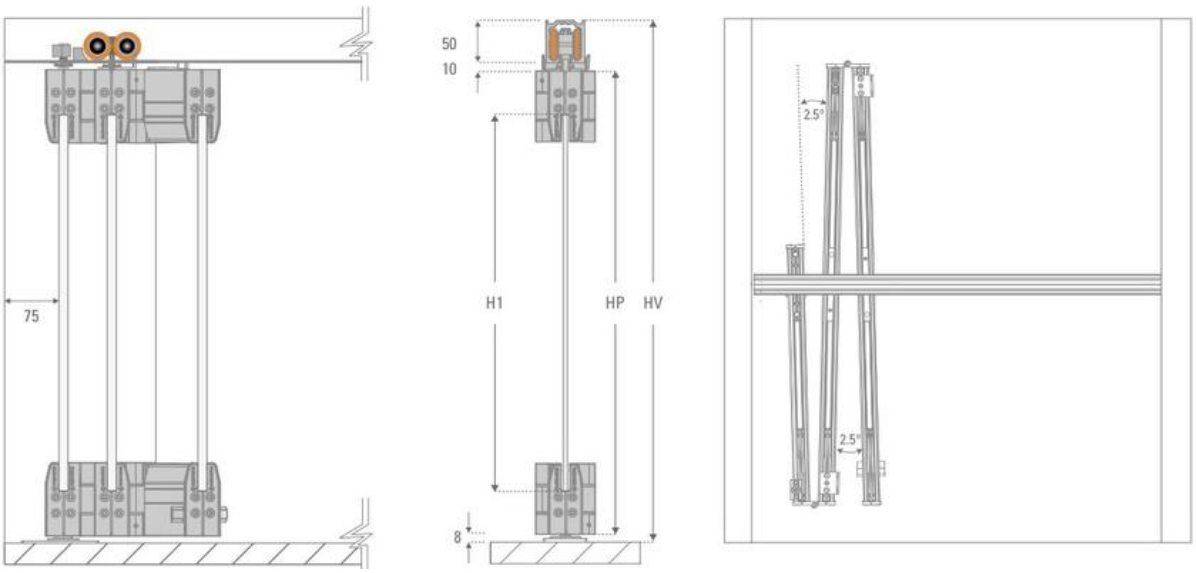
تصویر۱۲. برداشته شدن دیوار اتاق خواب و ایجاد یک نشیمن خصوصی(نگارندگان)

الگوی جمع شدن و تاشدن دیوارهای متحرک به عنوان تشکیل دهنده کالبد فضای داخلی در یک محور Z مقاومت سازه ای لازم جهت پایداری و تعادل و در محور دیگر X انعطاف پذیری و تغییر پذیری لازم در راستای انطباق با نیازها و خواسته های ساکنین با محیط داخلی را شاهد هستیم.

عوامل موثر بر انعطاف پذیری کالبد فضای داخلی از روش تطبیق پذیری عوامل سازه ای داخلی و زیر شاخه های آن میسر می شود. بر اساس نتایج بررسی ها میتوان با بهره گیری از الگوی جمع شونده، که توانایی انطباق پذیری با شرایط محیطی مختلف را دارند ارائه داد. مدل های مختلف تطبیق پذیری فضای داخلی با شرایط گوناگون با بهره گیری از الگوی جمع شونده بر مبنای زیر شاخه های انعطاف پذیری شامل موارد زیر می باشد:

۵-۱- تطبیق پذیری در ابعاد و اندازه

در الگوی جمع شونده با تغییر نکردن ابعاد طول و عرض پانل ها و با استفاده از الگوی جمع شدن ها میتوان فضایی با ابعاد و اندازه منطبق با نیازها ایجاد نمود.



تصویر ۱۳. دیوار متحرک تطبیق پذیر با بهره گیری از الگوی جمع شونده(نگارندگان)

۲-۵- تطبیق پذیری در شکل و فرم:

در خلق پوشش فضایی با بهره گیری از جمع شوندگی فرم های مختلفی می توان ایجاد نمود که متناسب با محیط قابلیت تطابق دارند.

۳-۵- انطباق پذیری در محل قرارگیری عناصر معماری

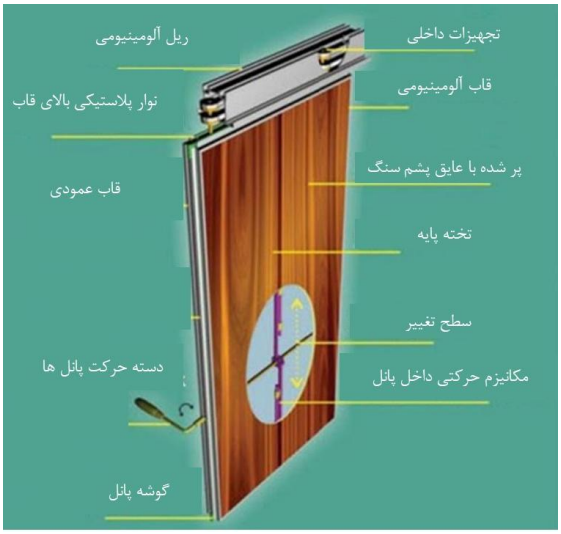
به کمک حذف برخی از اعضای سازنده دیوار متحرک میتوان چیدمان عناصر معماری مانند ورودی و خروجی را مناسب با شرایط محیطی تعیین نمود.

تصویر ۱۴. نمونه ای از چیدمان پانل های دیوار متحرک در نما(نگارندگان)

بر اساس بررسی های نمونه های مختلف، نمونه ی پیشنهادی برای طراحی فضای داخلی به صورت زیر مدل شده است.

جدول ۲. مشخصات دیوار متحرک پیشنهادی (نگارندگان)

سیستم اتصال	اتصال در ریل های سقفی
ضخامت پایه	۸۵ میلی متر
حداکثر ارتفاع	حداکثر ۶۰۰۰ میلی متر
عرض پانل ها	۸۰۰ میلی متر
پروفیل عمودی	آلومینیوم آنادایز شده
عملکرد	سیستم دستی (قابلیت برنامه ریزی و هوشمندسازی)
سطح نهایی	تخته چندلا، MDF، ملامین، کاغذ دیواری، چرم، تخته عایق، تخته ضد آتش، وینیل و رنگ و ...



تصویر ۱۵. نمونه پیشنهادی پانل دیوار متحرک(نگارندگان)

با توجه به ضخامت این دیوار و مصالح پوشش دهنده نمای آن و ضرورت های حفظ حریم این دیوار به عنوان نمونه بهینه انتخاب شده است. سیستم های دیوار متحرک، ظاهری زیبا و در عین حال سازگار را برای واحدهای چند خانواده فراهم می کنند. استفاده از دیوارهای شیشه ای یا دیگر مصالح در کاربردهای چند خانواده، به هر واحد امکان دسترسی به فضای بیرون از فضای نشیمن را می دهد بدون اینکه زیبایی ساختمان را به خطر اندازد. در انتخاب نمونه مناسب دیوار متحرک برای استفاده داخل فضای مسکونی، می بایست معیارهای متنوعی را در نظر بگیریم. به غیر مباحث مربوط به آسایش صوتی و حرارتی، سلیقه ها و تنوع فرهنگ ها و نیازها در فضای مسکن مطرح می باشد. در این طراح برای انتخاب بهتر نمونه علاوه بر مباحث زیبایی شناسی، به شرایط اقتصادی نیز توجه شده است. با توجه به انواع متنوع این دیوارها، با روش های اتصال گوناگون، برای تامین نیاز پروژه و صرفه اقتصادی، از نوع تاشو این دیوارها استفاده شده است. نوع اتصال آنها نیز با استفاده از ریل های کار گذاشته شده در سقف کاذب می باشد. دلیل انتخاب این نوع از اتصال، آزاد سازی کف از هر گونه مانع می باشد.

نتیجه گیری

چشم انداز فعلی انعطاف پذیری بر روی پویایی و متحرک سازی می باشد که سازگاری را در چارچوب متقابل تعامل انسان و محیط زیست برآورده می کند. ترکیبی از این دو حوزه در یک محیط امکان می دهد تا خود را مجدداً تنظیم کند - به طور خودکار تغییرات فیزیکی را برای پاسخ، واکنش، انطباق و تعامل فراهم کند. این حوزه ها شروع به ظهور در آنچه که اکنون طراحی می کنیم با نام معماری تعاملی- انعطاف پذیر میکند. عوامل موثر بر انعطاف پذیری کالبد فضای داخلی از روش تطبیق پذیری عوامل سازه ای داخلی و زیر شاخه های آن میسر می شود. بر اساس نتایج بررسی ها میتوان با بهره گیری از الگوی جمع شونده، که توانایی انطباق پذیری با شرایط محیطی مختلف را دارند ارائه داد. مدل های مختلف تطبیق پذیری فضای داخلی با شرایط گوناگون با بهره گیری از الگوی جمع شونده بر مبنای زیر شاخه های انعطاف پذیری شامل موارد زیر می باشد. تطبیق پذیری در ابعاد و اندازه: در الگوی جمع شونده با تغییر نکردن ابعاد طول و عرض پانل ها و با استفاده از الگوی جمع شدن ها میتوان فضایی با ابعاد و اندازه منطبق با نیازها ایجاد نمود.

با توسعه و رشد فناوری ها و تکنولوژی های جدید، ضرورت تلفیق این سیستم در جهت پاسخگویی بیشتر و بهتر به نیازهای ساکنین، با ابزار و فناوری های جدید و هوشمند سازی ضرورت دارد. بدین منظور، برای سهولت کار، برای حرکت پانل های دیوارمتحرک از سیستم های هوشمند کنترل از راه دور استفاده شود. بدین صورت که برای حرکت پانل ها نیازی به نیروی انسان و شخص برای حرکت نباشد. وجود انعطاف در رابطه میان انسان و فضای معماری است و نه صرفاً وجود انعطاف‌پذیری در جسم مجرد فضا. در اینجا انعطافپذیری به مدد یک معماری هوشمند می باید در دو رابطه اصلی انسان-انسان و انسان -طبیعت وجود داشته باشد.

با تکیه بر پیشینه‌ها و منابع بررسی شده می‌توان اذعان داشت که دسته‌بندی‌های گوناگونی برای سازه‌های متحرک وجود دارد که به طور مجموع ساختارهای صلب متداول‌ترند و برای شکل دادن عناصر متحرک، غالبا توسط لولا به هم متصل می‌گردنند. حرکت‌های چرخشی و تاشو از اصلی‌ترین سازوکارها برای دیوارهای انعطاف‌پذیر است. دیوارهای متحرک به طور عمده در سه نوع حرکت انتقالی (حرکت دوبعدی)، چرخشی (حرکت سه بعدی) و تغییر مقیاس قابل بررسی‌اند و در اکثر سازه ها ترکیب چرخش و انتقال وجود دارد.

طبق نتایج این پژوهش چند مساله مطرح می شود: اهمیت بررسی فناوری های پویا، استفاده از این فناوری ها در افزایش انعطاف پذیری فضا، بهینه سازی فضای داخلی با استفاده از انعطاف پذیری. نکته قابل ذکر با توجه به بررسی نمونه ها و انواع مختلف فناوری های پویا و انعطاف پذیری و سیستم های تامین کننده آن، می توان بیان نمود، استفاده از دیوار متحرک، به عنوان تاثیرگذارترین عنصر پویا در فضای داخلی، با استفاده از انعطاف پذیر نمودن فضا و ارائه انتخاب های بسیار برای کاربران باعث استفاده بهینه از فضا خواهد شد. راهکار های مختلفی در ساختمان ها جهت انعطاف پذیر نمودن فضا وجود دارد. اعم از سقف ها و کف های متحرک، مبلمان متحرک و ... که در پژوهش حاضر با توجه به نقش دیوارهای داخلی، به بررسی آن پرداخته شده است. همچنین با توجه به اهمیت پرداختن به فضای داخلی ساختمان بلندمرتبه به دلیل کم بودن ارتباط با فضای بیرونی در طبقات بالا، جهت استفاده بهینه از فضا می توان از فناوری های انعطاف پذیر استفاده نمود. تلفیق این سیستم ها و فناوری های پویا با ابزار هوشمند نیز از جمله پیشنهادات طراحی در جهت خلق فضایی پویا- انعطاف پذیر می باشد.

فهرست منابع

۱- آصفی، مازیار، و علی گرشاسبی(۱۳۹۰). تحول نوین در معماری با استفاده از عناصر تغییرشکل پذیر.دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه، دانشگاه تهران.

۲- امامقلی، عقیل. (۱۳۸۹). معماری هوشمند. اولین همایش ملی فناوری های نوین مهندسی در علوم مهندسی، مشهد.

۳- بنتلی، آی ین، آلن الکک، یال مورین، سومک گلین و گراهام اسمیت. (۱۳۸۹). محیط های پاسخده. ترجمه مصطفی بهزادفر، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۴- راپاپورت، آموس. (۱۳۸۸). انسان شناسی مسکن. ترجمه: خسرو افضلیان(۱۳۸۸). مشهد: انتشارات کتابکده کسری.

۵- زندیه، مهدی، اقبالی، سیدرحمان و حصاری، پدرام(۱۳۹۰). روش طراحی مسکن انعطاف پذیر. نشریه نقش جهان، ۹۵.

۶- سجادزاده، حسین، مهیار قنبرگنبدی، و فاطمه قنبری۱۳۹۴. شناخت تاثیر مشخصات کالبدی سایبان در کاهش مصرف انرژی(مطالعات موردی:یزد). همایش ملی عمران و معماری با رویکردی بر توسعه پایدار، فومن.

۷- شکوری،رضا،سیدخاموشی،سماء السادات(۱۳۹۶).کیفیت انعطاف پذیری در سنت معماری ایرانی الگوی اتاق شکم دریده در خانه ایرانی.نشریه مسکن و محیط روستا.۳۶(۱۵۹).صص ۱۱۹-۱۳۲.

۸- عینی فر، علیرضا. (۱۳۸۲). الگویی برای تحلیل انعطاف پذیری در مسکن سنتی ایران. هنرهای زیبا، ۱۳: ۶۴-۷۷.

۹- کامل‌نیا، حامد، کریمانی، فرهاد. (۱۳۹۴). نیازسنجی فیزیکی-کالبدی کاربران ساختمان های بلند مرتبه مسکونی، مورد مطالعاتی: منطقه ۹ شهرداری مشهد. معماری و شهرسازی آرمانشهر، ۲۵، ۱۳۷-۱۴۸.

۱۰- لنگ،جان.۱۳۸۸. آفرینش نظریه های معماری:نقش علوم رفتاری در طراحی محیط. ترجمه:علیرضا عینی فر.انتشارات دانشگاه تهران.

۱۱- نصراللهی، فرشاد. (۱۳۹۳). ساختمان های اداری انرژی کارا بهره وری انرژی با طراحی معماری، مجموعه مقالات تحقیقاتی پروژه شهرهای جوان. جلد یازدهم. برلین: انتشارات دانشگاه فنی برلین.

۱۲- وفامهر، محسن. (۱۳۹۲). معماری صنعتی ساختمان. تهران: انتشارات رز.

۱۳- هال، ادوارد تی. (۱۳۷۶). بعد پنهان. مترجم: منوچهر طیبیان. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۴- یوسفی‌نژادی، سامان، محمودی زندی، مهناز. (۱۳۹۷). ارائه راهکارهای طراحی پلکان در خانه‌ها با استفاده از معماری هوشمند در جهت بهینه سازی فضا. معماری شناسی، ۱ (۶).

۱۵- Addington, D.M., and Schodek, D.L.2005. "Smart Materials and New Technologies: For the Architecture and Design Professions." Routledge: Oxford, UK.

۱۶- A. Dakheel, J., and Aoul, T. K. (2017). Building Applications, Opportunities and Challenges of Active Shading Systems: A State-Of-The-Art Review. *Energies Journal* 10, 1672: 1-32

۱۷- cheng-an, Pan, & taysheng Jeng. (2008). exploring Sensing-based Kinetic Design for responsive architecture. in Proceedings to CAADRIA (chiang Mai, thailand).

۱۸- Elkhayat, Yousef. O. (2014).Interactive Movement in Kinetic Architecture. Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering 42(3): 816- 845.

۱۹- Fiorito, F., Sauchelli, M., Arroyo, D., Pesenti, M., Imperedori, M., Masera, G., and Ranzi,G. 2016. "Shape morphing solar shadings: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55: 863-884.

۲۰- Imrie, R. (2006). Accessible housing : quality, disability and design. London [etc.] : Routledge.

۲۱- Mahdavi-nejad, M.J., Farajolahi-rad, A., & Karam, A. (2011). Flexible Architecture, an Approach Toward Architecture and Structure harmony. Published by Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 1.

۲۲- Magdziak, M. 2018. Flexibility and Adaptability of the Living Space to the Changing Needs of Residents. Journal of Materials Science and Engineering.

۲۳- Orsi, A. (2009). An Exploration of the Impact of Fixed Shading Device Geometry on Building Energy. Performance. Master thesis. ProQuest: Ann Arbor, MI, USA.

۲۴- Schneider, Tatjana., & Till, Jeremy. (2005). *Flexible Housing: The Means To The End,* http://journals. cambridge. org/action/displayJournal? jid=arq ،۲۸۷-۲۹۶.